

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение детской школы искусств

Обучающийся

А.А. Сардин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Ю.В. Черненко

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

Тольятти 2023

Аннотация

В выпускной квалификационной работе бакалавра рассмотрены вопросы организации системы электроснабжения детской школы искусств. Выполнен выбор схемы электроснабжения. Определены имеющиеся источники питания и выбрана питающая линия.

Произведен расчёт нагрузок по каждому из силовых щитов школы искусств, а также в целом по электроприемникам второй категории по надежности электроснабжения и первой категории в двух режимах: нормальном и режиме пожара.

Произведён расчёт необходимой мощности конденсаторных установок, для обеспечения требуемого коэффициента мощности больше 0,94.

Определён перечень мероприятий по энергосбережению, намеченных к реализации, основным направлением является использование светодиодных светильников и энергоэффективного электрооборудования.

Рассмотрены вопросы организации системы защитного заземления и молниезащиты здания школы.

Для питающих и распределительных сетей выбраны проводники, а для их защиты автоматические выключатели. Произведены расчёты однофазных токов короткого замыкания, по результатам которых выбранные автоматические выключатели были проверены на отключающую способность.

Рассмотрены вопросы организации системы рабочего и аварийного освещения, определено необходимое количество светильников для установки в каждом из помещений школы.

ВКР бакалавра состоит из пояснительной записки в 55 страниц и графической части, состоящей из 6 листов А1.

Содержание

Введение	4
1 Выбор схемы электроснабжения ДШИ	8
2 Расчет нагрузок по ДШИ.....	10
3 Электроснабжение электроприемников ДШИ в рабочем и аварийном режимах	26
4 Вопросы обеспечения требований энергетической эффективности, организации учета электрической энергии и сведения о внешнем источнике питания	29
5 Разработка мероприятий по заземлению и молниезащите ДШИ	30
6 Выбор проводников, автоматических выключателей и осветительной арматуры	35
7 Расчет количества светильников в системах рабочего и аварийного освещения ДШИ.....	45
Заключение	50
Список используемой литературы	53

Введение

В отдельно стоящем 3-х этажном здании предусматривается размещение помещений детской школы искусств (ДШИ).

ДШИ предназначена для проведения воспитательной, образовательной, творческой и культурно-просветительной работы.

В здании располагаются следующие основные группы помещений:

- вестибюльная группа помещений;
- актовый зал на 150 мест со вспомогательными помещениями;
- блок вокала и музыки;
- блок хореографии;
- блок декоративно-прикладного искусства;
- буфет на 20 мест;
- служебно-бытовые и вспомогательные помещения.

Общее количество мест для занятий – 227 (единовременная максимальная вместимость без актового зала).

Возраст обучающихся от 7 до 18 лет.

Основной вход посетителей в здание предусмотрен в центральной части 1 этажа.

При вестибюле предусмотрены помещение охраны, гардероб верхней одежды, места для ожидания детей родителями.

Актальный зал размещается на первом этаже вблизи основного входа в здание, рассчитан на 150 мест, (в т.ч. 8 мест для инвалидов).

Технологическая часть актового зала включает звуковое, световое оборудование, одежда сцены, механооборудование, системы видеопроекции и т.д.

Технологические помещения для обслуживания артистов включают: 2 гримерные (артистические), 2 костюмерные, расширенный коридор - место ожидания выхода на сцену, помещение для хранения декораций, музыкальных инструментов, санузел. Гримерные оснащены гримерными столами,

передвижными вешалами, зеркалами, светозащитными шторами. В костюмерных предусмотрена установка вешал для костюмов, стеллажей для обуви, организовано место для примерки костюмов.

В составе ДШИ предусматриваются отделения: вокала и музыки, хореографии, декоративно-прикладного искусства.

Для организации занятий запроектированы помещения:

- на первом этаже: мастерская скульптуры (на 9 мест), кабинет истории искусств (на 16 мест), класс для занятий ансамблей (на 12 мест), комнаты для индивидуальных занятий по специальности фортепиано (2 шт);
- на втором этаже: класс рисунка и лепки (на 10 мест), компьютерный класс на 6 мест (2 шт), мастерская прикладного искусства (на 9 мест), класс для групповых музыкально-теоретических занятий (на 14 мест), класс для индивидуальных занятий вокалом, кабинет звукозаписи, лингафонный кабинет для самоподготовки (на 12 мест), класс теоретических дисциплин (на 16 мест) (2 шт), комната для индивидуальных занятий струнных, духовых и народных инструментов (3 шт);
- на третьем этаже: мастерская рисунка, живописи и композиции (на 10 мест), зал для занятий хореографии (на 20 человек), зал для занятий хореографии (на 40 человек), класс для занятий хора и оркестра (на 25 мест).

Продолжительность занятий для детей составляет 45 минут. В целях недопущения перегрузок и сохранения здоровья обучающихся между занятиями вводятся перерывы по 10 минут.

В каждом классе групповых занятий предусмотрена установка интерактивной доски, проектора.

Учебные классы состоят из функциональных зон:

- демонстрационной зоны преподавателя (стол преподавателя, демонстрационный стол, доска классная, интерактивная доска,

проектор);

- зоны ученических мест;
- зоны для хранения и демонстрации учебно-наглядных пособий и технических средств обучения (шкафы, стенды, полки).

При мастерской скульптуры запроектировано помещение для обжига и кладовая. Мастерская оснащена гончарными кругами, глиномялкой, раскаточным столом, сушильным шкафом, печью для обжига изделий. Над сушильным шкафом предусмотрена установка вытяжного зонта. К патрубку печи организован подвод вытяжного воздуховода. Предусмотрены местные вытяжные устройства.

Компьютерные классы оснащены одноместными компьютерными ученическими столами, компьютерами.

Предусмотрено два зала для занятий хореографией вместимостью 20 и 40 человек. Залы оборудованы музыкальной аппаратурой. Для каждого зала предусмотрены раздевальные со шкафами для одежды, фенами.

Студия звукозаписи состоит из помещений: звукоаппаратная, комната звукозаписи (тон-зал).

Буфет для посетителей ДШИ располагается на первом этаже здания.

Форма обслуживания – самообслуживание. Работа буфета организована на привозной готовой продукции, доставляемой специальным транспортом с использованием одноразовой тары.

Хранение скоропортящихся продуктов осуществляется в холодильных и морозильных шкафах. Производственное помещение оснащается производственной ванной, производственными столами, электронными весами, микроволновой печью, холодильными шкафами [1].

Буфетная стойка оснащена раковиной, холодильными шкафами, кипятильником, микроволновой печью, настольной холодильной витриной.

В состав ДШИ входит ряд служебно-бытовых и вспомогательных помещений.

Кабинет администрации оснащен компьютерной техникой. Комнаты

приема пищи оборудованы электрочайником, микроволновой печью, холодильным шкафом.

Гардероб технического персонала оборудован феном. В гардеробе организовано место для отдыха и приема пищи, оснащенное электрочайником, микроволновой печью, холодильным шкафом.

Для обеспечения детей питьевой водой на этажах предусмотрена установка пурифайеров.

Для профилактики заболеваний, передающихся воздушно-капельным путём, предусмотрены к установке современные безламповые обеззараживатели воздуха марки «Тион».

Режим работы ДШИ – односменный, продолжительность рабочей смены – 8 часов, (охрана – круглосуточно). Часы работы сотрудников устанавливаются администрацией с учетом 40-часовой рабочей недели. Количество сотрудников – 57 человек в смену. Общий штат – 61 человек (в том числе преподавателей – 25 человек).

Целью бакалаврской работы является проектирование системы электроснабжения детской школы искусств, отвечающей требованиям безопасности, экологичности и экономичности как по затратам на материалы, так и минимальному значению потерь электрической энергии в элементах сети.

1 Выбор схемы электроснабжения ДШИ

Источником питания детской школы искусств являются секции Т1 и Т2 РУ-0,4кВ проектируемой трансформаторной подстанции, питание осуществлено по двум кабельным линиям АПвБШнг(А)-LSнг-1кВ сечением $4 \times 185 \text{ мм}^2$ до ВРУ.

Категория здания школы по надежности электроснабжения - II для основного комплекса электроприемников, I - для электроприемников средств противопожарной защиты, аварийного освещения, щита ИТП, системы передачи данных, связи МГН, системы экстренной связи, лифта [5].

Для электроприемников I-й категории надежности электроснабжения предусмотрены щиты гарантированного питания, распределительная панель щита АВР.

II категория электроснабжения объекта обеспечивается за счет наличия двух вводов от разных секций трансформаторной подстанции во ВРУ с перекидными рубильниками и шкафа АВР для потребителей I категории электроснабжения.

Все щиты ВРУ представляют собой напольные ящики из листового металла с пластрономы и каналами для шин с дверцей, модульного типа. Ввод кабелей в щиты производится сверху по кабельным лоткам [3].

ВРУ имеют вводные и распределительные панели. Линии нагрузки подключаются к шинам через автоматические выключатели.

Во ВРУ для каждого ввода должны быть [4]:

- индикатор наличия напряжения;
- 3 амперметра, подключенные к шинам через трансформаторы тока.

Каждый шкаф имеет не менее 20% свободного места. Все отходящие кабели присоединяются непосредственно к клеммам защитных приборов.

Сечение проводов и кабелей для напряжения до 1000В по условию нагрева определяется в зависимости от расчетного значения длительно допустимой токовой нагрузки при нормальных условиях прокладки.

Вводы кабелей в здание выполнить через закладные трубы, после чего отверстия труб заделать огнезащитным составом.

Распределительные щиты или шкафы в тех. помещениях представляют собой ящики из листового металла с дверцей, запирающейся на ключ, производимые согласно однолинейным принципиальным схемам. На дверце шкафа должно быть маркировка с указанием наименования и назначения шкафа и предупреждающие символы электробезопасности. Отходящие кабели подключаются преимущественно непосредственно к аппаратам защиты. Ввод кабелей в щиты выполняется через специальные сальники и кабельные вводы. Все клеммы и автоматические выключатели, а также элементы внутреннего монтажа имеют соответствующую маркировку.

Распределительные щиты монтируются на стене коридора, имеют пластиковый корпус [2].

Опуски кабелей к шкафам выполняются в коробах. Провода и кабели внутреннего монтажа укладываются в специальные разрезные пластиковые короба.

Все установленные в шкафах элементы должны быть промаркированы. Все клеммы и подсоединенные к ним провода также должны иметь маркировку.

Выводы по разделу 1.

Категория здания школы по надежности электроснабжения - II для основного комплекса электроприемников, I - для электроприемников средств противопожарной защиты, аварийного освещения, щита ИТП и т.д. Для потребителей I категории электроснабжения устанавливается шкаф АВР. Питание ВРУ здания осуществляется по двум кабельным линиям АПвБШнг(А)-LSнг 4×185 мм².

2 Расчет нагрузок по ДШИ

Основными силовыми потребителями электроэнергии являются двигатели и калориферы вентиляционных систем, тепловые завесы, бытовые электроприборы, электроосвещение, насосное оборудование, водонагреватели, оборудование учебных классов и столовой.

Напряжение сети 400/230В. Проектируемые нагрузки:

- общая установленная мощность $P_u = 320,79$ кВт;
- общая расчетная мощность $P_p = 144,75$ кВт.

В том числе оборудование, запитанное по I категории по надежности:

- общая установленная мощность $P_u = 36,82$ кВт;
- общая расчетная мощность $P_p = 16,85$ кВт (в нормальном режиме).

Расчет нагрузок выполнен в соответствии с СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [6]:

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

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].

На рисунке 1 приведена принципиальная схема щита ЩС-1.1 с указанием номинальных мощностей и токов по отдельным электроприемникам, результаты выбора кабельных линий, марки кабеля, числа жил и сечений, результаты выбора аппаратов защиты, токов расцепителей.

На рисунке 2 приведена принципиальная схема щита ЩС-1.2 с указанием такого же набора результатов расчетов, как и для щита ЩС-1.1.

В таблице 1 приведены результаты расчета нагрузок по ЩС-1.1.

Таблица 1 - Результаты расчета нагрузок по ЩС-1.1

Наименование электроприемника	N, шт.	Р _{уст} , кВт	К _с (К _и)	Р _р ,кВт	cosφ	Прим
Компьютеры и оргтехника	8	2,4	0,4	0,96	0,65	таблица 7.8
Технологическое оборудование кабинетов	10	2,9	0,2	0,58	0,8	таблица 7.8
Шкаф сушильный	1	2,5	1,0	2,5	0,9	таблица 7.8
Водонагреватель	5	7,5	0,6	4,5	0,9	-
Рукоосушитель	8	12,0	0,15	1,8	0,9	таблица 7.8
Бактериц. рециркулятор	6	0,21	0,15	0,03	0,85	-
Тепловое оборудование пищеблоков в составе:	15	14,35	0,85	12,2	-	таблица 7.9
Чайник	1	2,5	0,85	2,12	0,9	-
Печь	1	3,6	0,85	3,07	0,9	-
Кипятильник	1	1,5	0,85	1,28	0,9	-
Холодильное оборудование	7	2,01	0,85	1,71	0,75	-
Весы, POS	2	0,19	0,85	0,16	0,85	-
СВЧ-печь	3	4,55	0,85	3,86	0,85	-
Итого	53	41,86	0,3	22,57	0,86	-

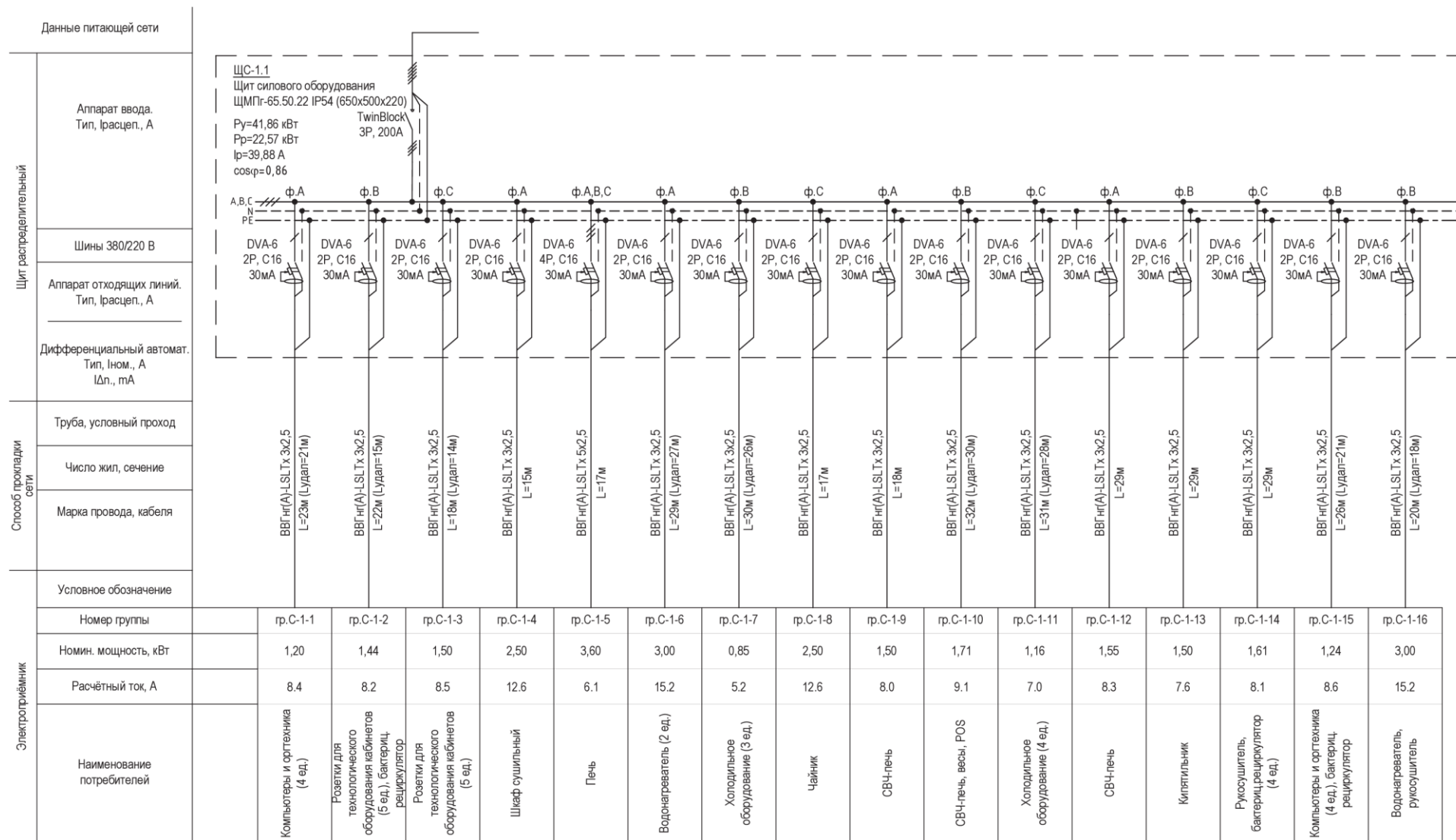


Рисунок 1 - Принципиальная схема щита ЩС-1.1

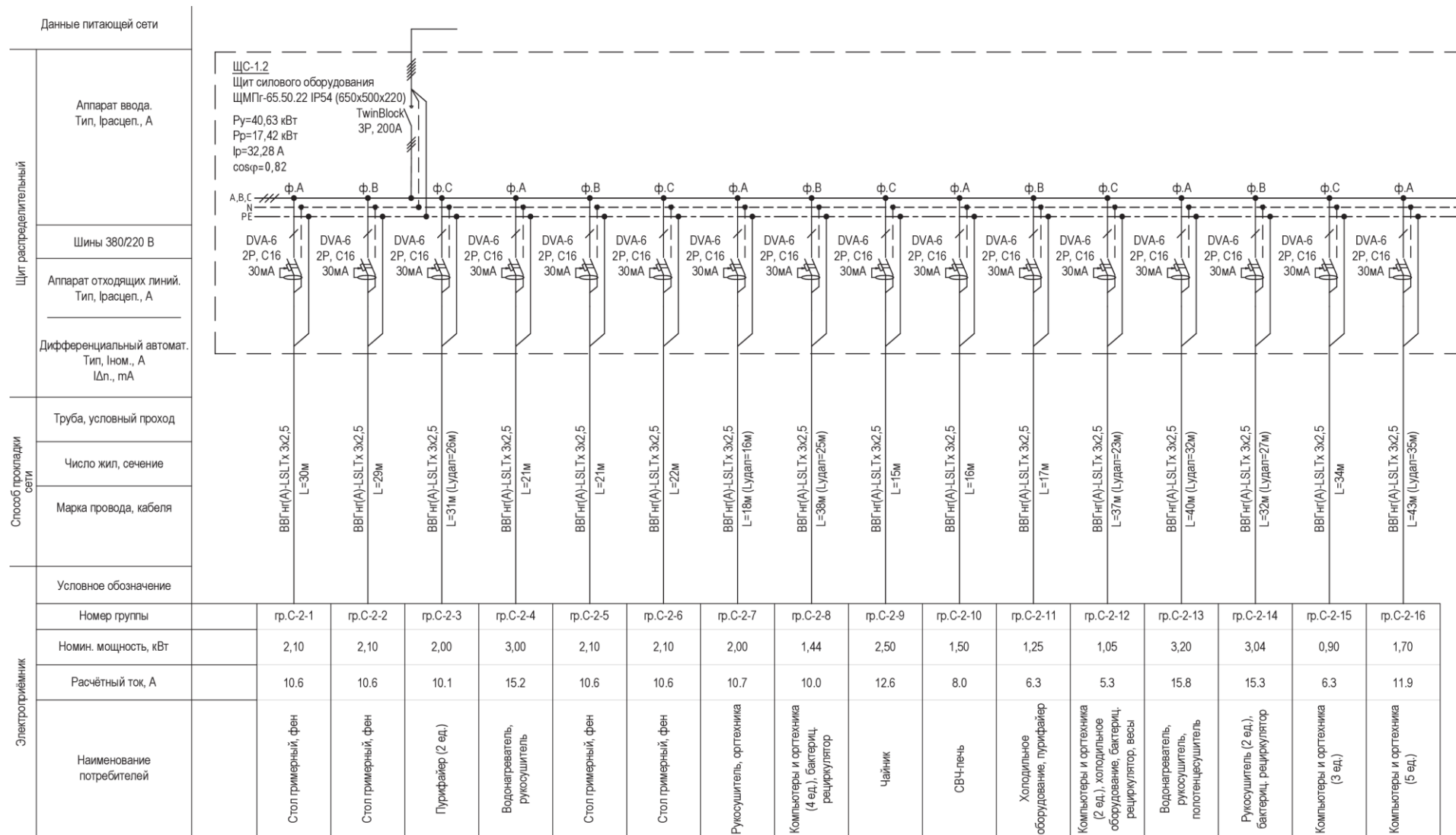


Рисунок 2 - Принципиальная схема щита ЩС-1.2

В таблице 2 приведены результаты расчета нагрузок по ЩС-1.2.

Таблица 2 - Результаты расчета нагрузок по ЩС-1.2

Наименование электроприемника	N, шт.	Р _{уст} , кВт	К _с (К _и)	Р _р ,кВт	cosφ	Прим
Компьютеры и оргтехника	24	8,7	0,4	3,48	0,65	таблица 7.8
Стол гримерный, фен	8	8,4	0,2	1,68	0,9	таблица 7.8
Пурифайер	4	4,0	0,2	0,8	0,9	техзадание
Водонагреватель	2	3,0	0,8	2,4	0,9	-
Рукоосушитель, полотенцесушитель	6	7,7	0,15	1,16	0,9	таблица 7.8
Бактериц. рециркулятор	2	0,07	0,15	0,01	0,85	-
Тепловое оборудование пищевых блоков в составе:	8	8,76	0,9	7,89	-	таблица 7.9
Чайник	2	5,0	0,9	4,5	0,9	-
СВЧ-печь	2	3,0	0,9	2,7	0,85	-
Холодильное оборудование	3	0,75	0,9	0,68	0,75	-
Весы	1	0,01	0,9	0,009	0,85	-
Итого	55	40,63	0,35	17,42	0,82	-

На рисунках 3 и 4 представлены принципиальные схемы щитов ЩС-2.1 и ЩС-2.2.

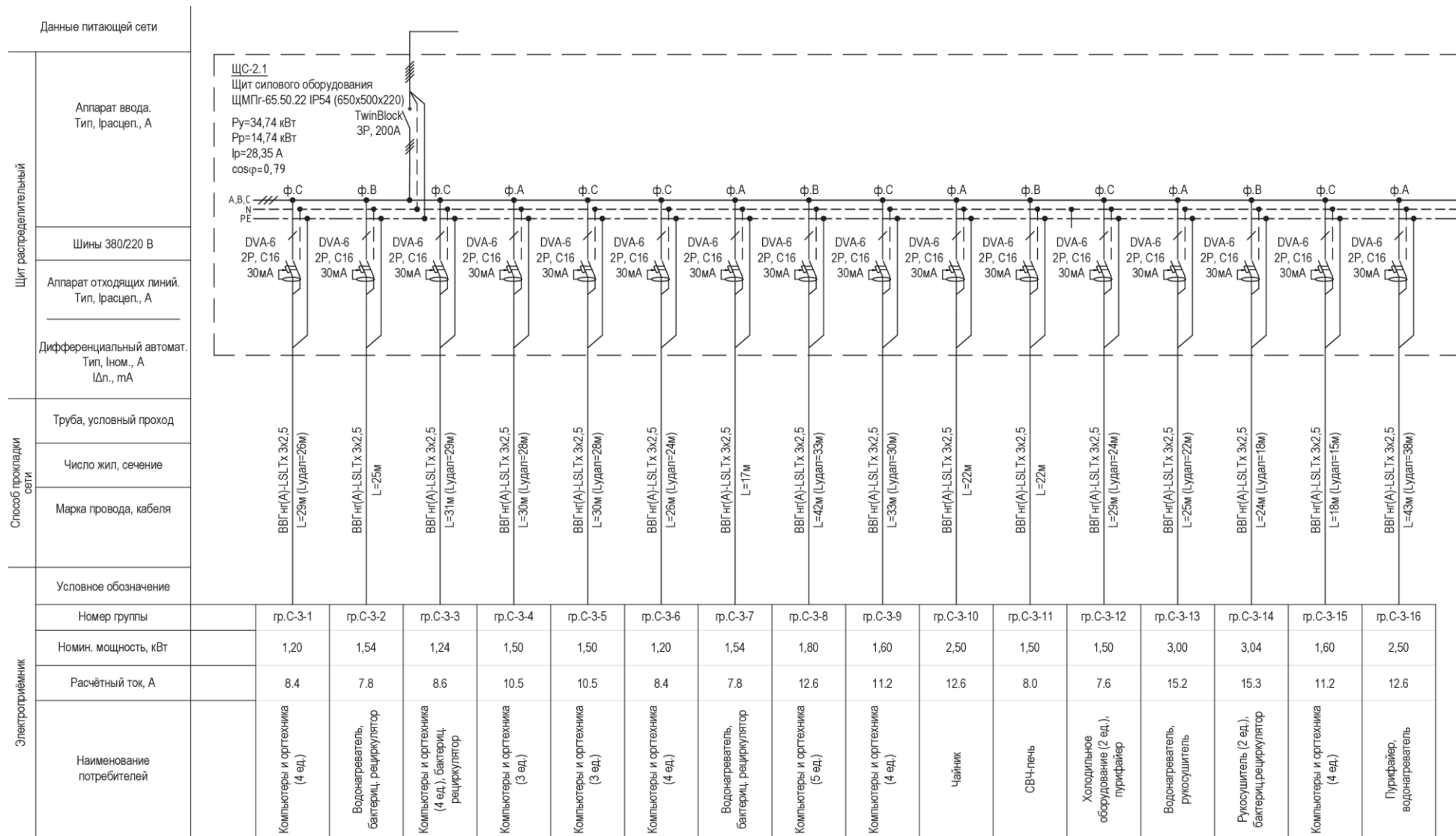


Рисунок 3 - Принципиальная схема щита ЩС-2.1

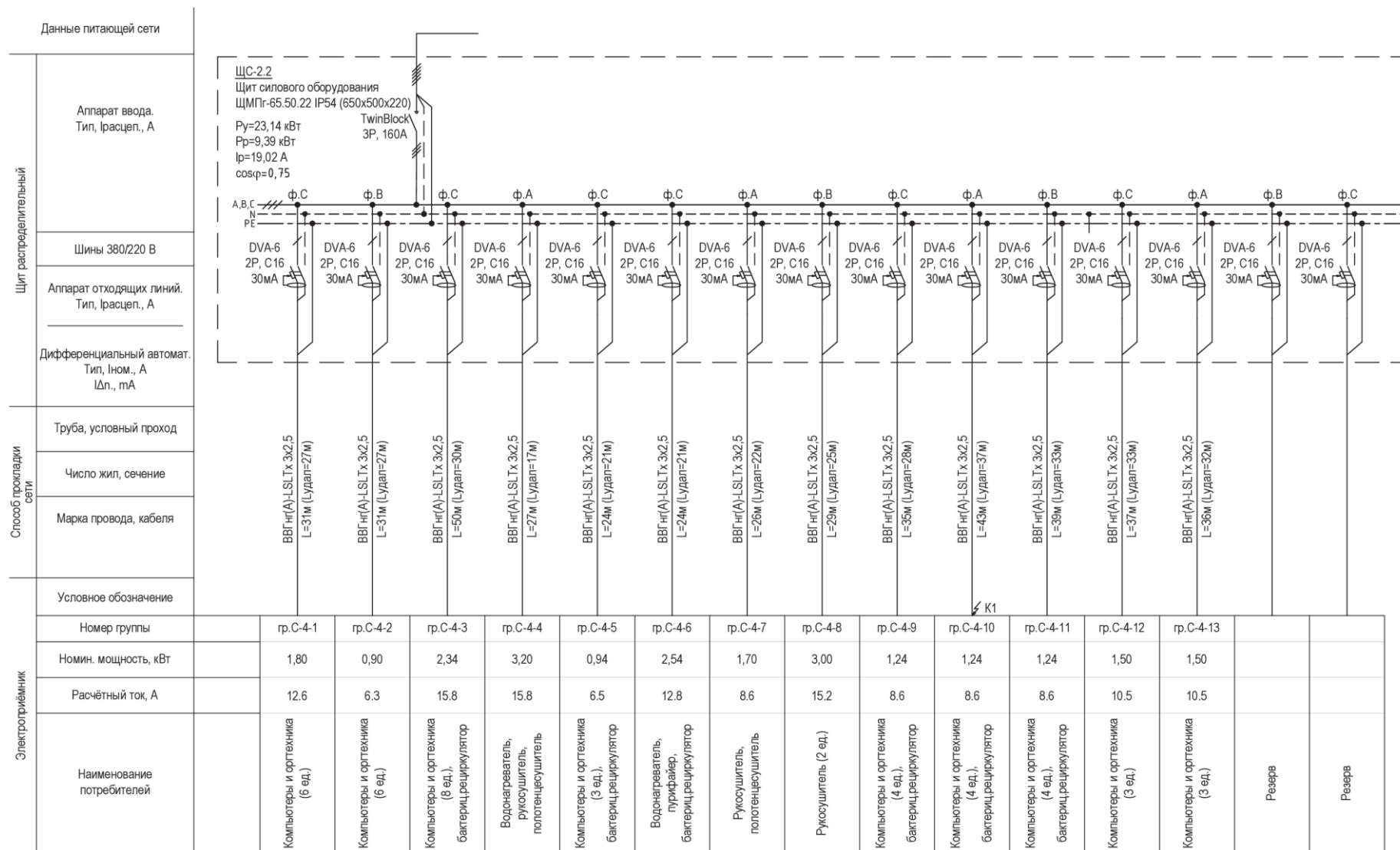


Рисунок 4 - Принципиальная схема щита ЩС-2.2

В таблицах 3 и 4 приведены результаты расчета нагрузок по ЩС-2.1 и ЩС-2.2 соответственно.

Таблица 3 - Результаты расчета нагрузок по ЩС-2.1

Наименование электроприемника	N, шт.	Р _{уст} , кВт	К _с (К _и)	Р _р ,кВт	cosφ	Прим
Компьютеры и оргтехника	31	11,6	0,4	4,64	0,65	таблица 7.8
Пурифайер	2	2,0	0,2	0,4	0,9	техзадание
Водонагреватель	4	6,0	0,6	3,6	0,9	-
Рукосушитель, полотенцесушитель	7	10,5	0,15	1,58	0,9	таблица 7.8
Бактериц. рециркулятор	4	0,14	0,15	0,02	0,85	-
Тепловое оборудование пищеблоков	4	4,5	1,0	4,5	-	таблица 7.9
в составе:	-	-	-	-	-	-
Чайник	1	2,5	1,0	2,5	0,9	-
Холодильное оборудование	2	0,5	1,0	0,5	0,75	-
СВЧ-печь	1	1,5	1,0	1,5	0,85	-
Итого	52	34,74	0,32	14,74	0,79	-

Таблица 4 - Результаты расчета нагрузок по ЩС-2.2

Наименование электроприемника	N, шт.	Р _{уст} , кВт	К _с (К _и)	Р _р ,кВт	cosφ	Прим
Компьютеры и оргтехника	41	12,5	0,4	5,0	0,65	таблица 7.8
Пурифайер	1	1,0	1,0	1,0	0,9	техзадание
Водонагреватель	2	3,0	0,8	2,4	0,9	-
Рукосушитель, полотенцесушитель	6	6,4	0,15	0,96	0,9	таблица 7.8
Бактериц. рециркулятор	6	0,21	0,15	0,03	0,85	-
Итого	52	23,14	0,29	9,39	0,75	-

На рисунках 5 и 6 представлены принципиальные схемы щитов ЩС-3.1 и ЩС-3.2. На рисунке 7 приведена принципиальная схема щита ЩСВ.

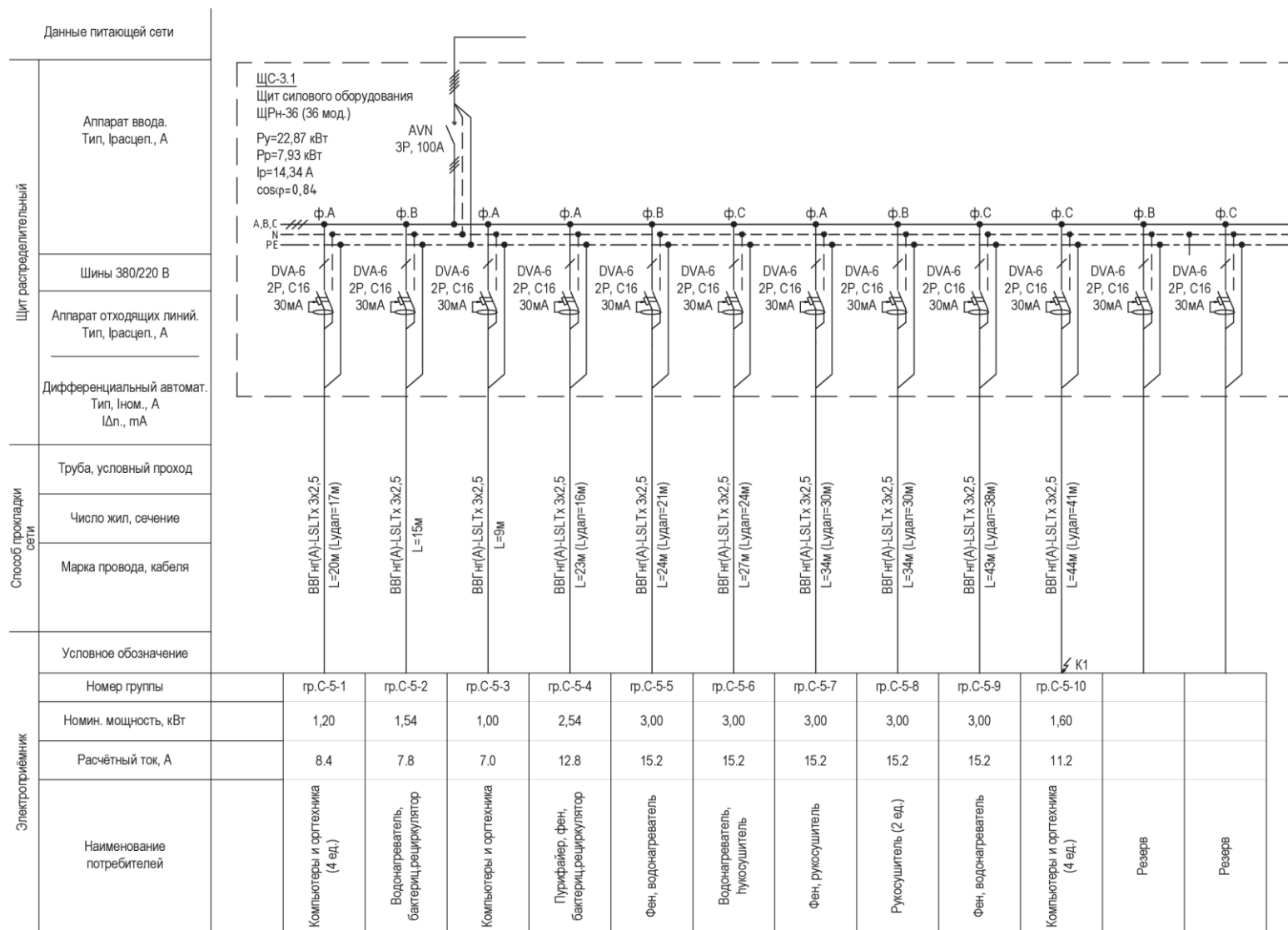


Рисунок 5 - Принципиальная схема щита ЩС-3.1

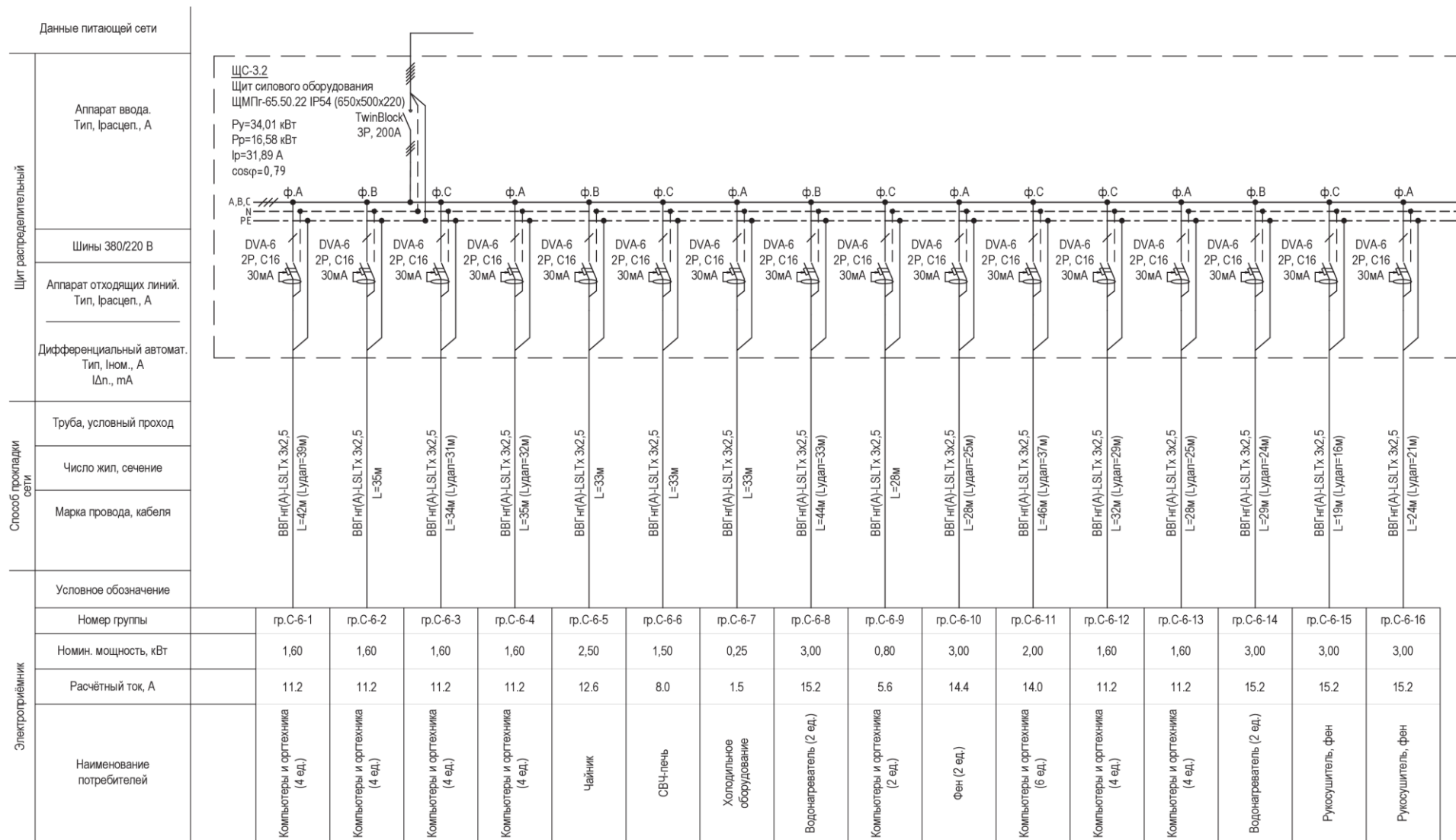


Рисунок 6 - Принципиальная схема щита ЩС-3.2

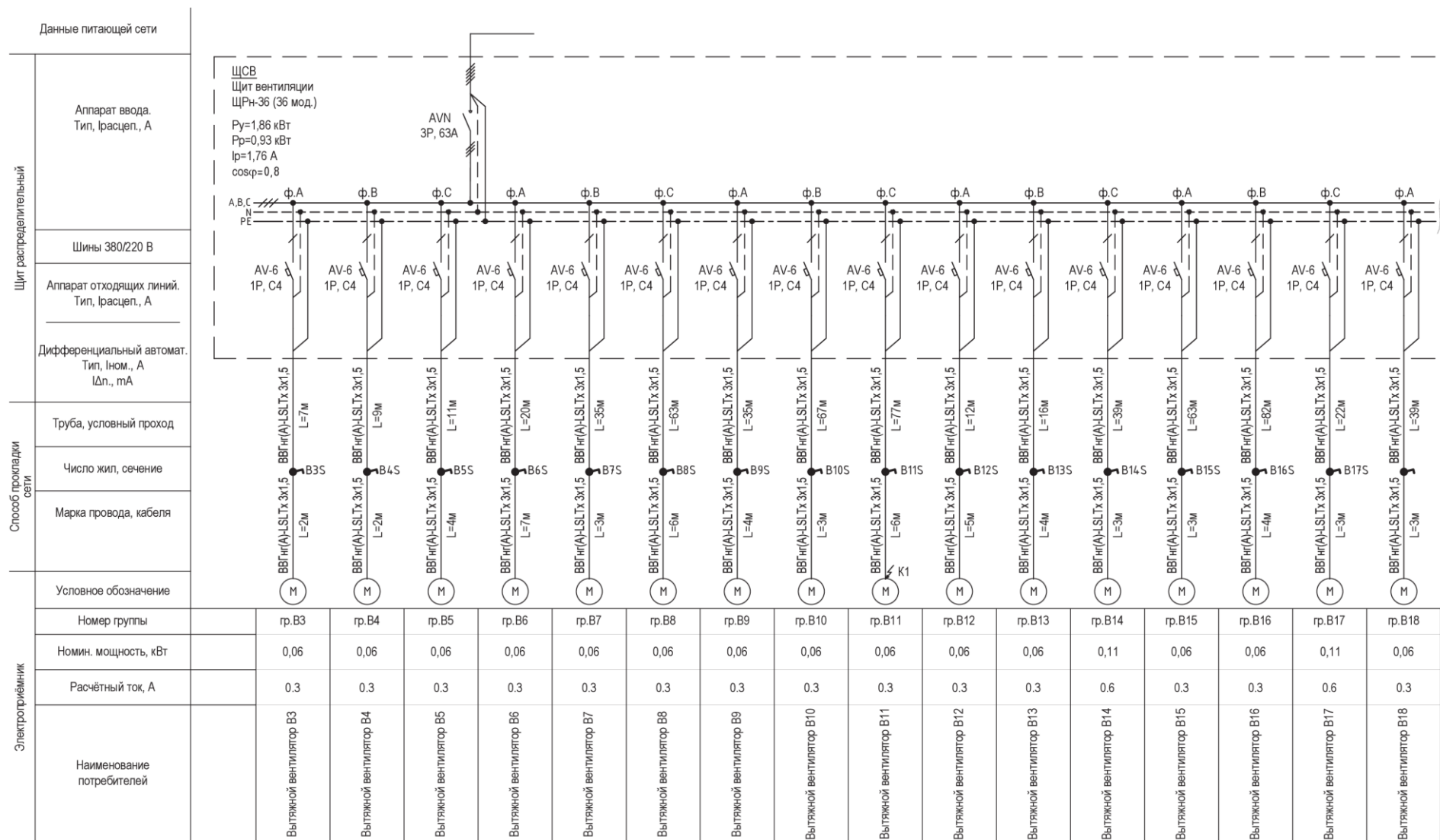


Рисунок 7 - Принципиальная схема щита ЩСВ

В таблицах 5 - 7 приведены результаты расчета нагрузок по ЩС-3.1, ЩС-3.2 и ЩСВ соответственно.

Таблица 5 - Результаты расчета нагрузок по ЩС-3.1

Наименование электроприемника	N, шт.	Р _{уст} , кВт	К _с (К _и)	Р _р ,кВт	cosφ	Прим
Компьютеры и оргтехника	4	3,8	0,4	1,52	0,65	таблица 7.8
Пурифайер	1	1,0	1,0	1,0	0,9	техзадание
Водонагреватель	4	6,0	0,6	3,6	0,9	-
Рукосушитель, полотенцесушитель	4	6,0	0,15	0,9	0,9	таблица 7.8
Фен	4	6,0	0,15	0,9	0,9	таблица 7.8
Бактериц. рециркулятор	2	0,07	0,15	0,01	0,85	-
Итого	19	22,87	0,21	7,93	0,84	-

Таблица 6 - Результаты расчета нагрузок по ЩС-3.1

Наименование электроприемника	N, шт.	Р _{уст} , кВт	К _с (К _и)	Р _р ,кВт	cosφ	Прим
Компьютеры и оргтехника	39	13,9	0,4	5,56	0,65	таблица 7.8
Фен	4	6,0	0,2	1,2	0,9	таблица 7.8
Пурифайер	1	1,0	1,0	1,0	0,9	техзадание
Водонагреватель	4	6,0	0,6	3,6	0,9	-
Рукосушитель, полотенцесушитель	2	3,0	0,4	1,2	0,9	таблица 7.8
Бактериц. рециркулятор	3	0,105	0,15	0,02	0,85	-
Тепловое оборудование пищеблоков	2	4,0	1,0	4,0	-	таблица 7.9
в составе:	-	-	-	-	-	-
Чайник	1	2,5	1,0	2,5	0,9	-
СВЧ-печь	1	1,5	1,0	1,5	0,85	-
Итого	55	34,01	0,36	16,58	0,79	-

Таблица 7 - Результаты расчета нагрузок по ЩСВ

Наименование электроприемника	N, шт.	Р _{уст} , кВт	К _с (К _и)	Р _р ,кВт	cosφ	Прим
Вентиляция общеобм. вытяжная	22	1,86	0,5	0,93	0,8	таблица 7.5

Полученные результаты определения расчетных нагрузок по электроприемникам II категории ДШИ в целом сводим в таблицу 8.

Таблица 8 - Результаты определения расчетных нагрузок по электроприемникам II категории ДШИ в целом

Наименование электроприемника	N, шт.	P _{уст} , кВт	K _с (K _и)	P _p ,кВт	cosφ	Прим
Электроосвещение в составе:						
Рабочее освещение		14,65	0,9	13,19	0,9	таблица 7.6
Наружное освещение		0,84	1,0	0,84	0,9	таблица 7.6
Компьютеры и оргтехника	147	52,9	0,4	21,16	0,65	таблица 7.8
Технологическое оборудование кабинетов	10	2,9	0,2	0,58	0,8	таблица 7.8
Шкаф сушильный	1	2,5	1,0	2,5	0,9	таблица 7.8
Стол гримерный, фен	16	20,4	0,2	4,08	0,9	таблица 7.8
Пурифайер	9	9,0	0,2	1,8	0,9	техзадание
Водонагреватель	21	31,5	0,6	18,9	0,9	-
Рукосушитель, полотенцесушитель	33	45,6	0,15	6,84	0,9	таблица 7.8
Бактериц. рециркулятор	23	0,805	0,15	0,12	0,85	-
Тепловое оборудование пищеблоков	27	31,61	0,68	21,49	-	таблица 7.9
в составе:	-	-	-	-	-	-
Чайник	5	12,5	0,68	8,5	0,9	-
Печь	1	3,6	0,68	2,45	0,9	-
Кипятильник	1	1,5	0,68	1,02	0,9	-
Холодильное оборудование	12	3,26	0,68	2,22	0,75	-
Весы, POS	3	0,2	0,68	0,13	0,85	-
СВЧ-печь	7	10,55	0,68	7,17	0,85	-
Вентиляция общеобм. вытяжная	22	1,86	0,5	0,93	0,8	таблица 7.5
Вентиляция общеобм. приточная	4	67,86	0,5	33,93	0,9	таблица 7.5
Насосы	2	0,84	1,0	0,84	0,8	-
Платформа МГН	1	0,7	1,0	0,7	0,6	-
Итого по ЭП II категории (шкафы РП-1, РП-2)	316	283,97	0,36	127,9	0,84	-

Полученные результаты определения расчетных нагрузок по электроприемникам I категории (норм. режим) ДШИ в целом сводим в таблицу 9.

Таблица 9 - Результаты определения расчетных нагрузок по электроприемникам I категории ДШИ (норм. режим) в целом

Наименование электроприемника	N, шт.	P _{уст} , кВт	K _с (K _и)	P _р , кВт	cosφ	Прим
Шкаф АВР в составе:	-	-	-	-	-	-
Шкаф ИТП	1	0,7	1,0	0,7	0,8	-
Шкаф учета тепла	1	0,2	1,0	0,2	0,65	-
Лифт	1	7,5	1,0	7,5	0,6	таблица 7.4
Цепи защиты от замораживания	1	0,8	1,0	0,8	0,8	-
Итого по шкафу АВР	4	9,2	1,0	9,2	0,63	-
Шкаф ППУ в составе:	-	-	-	-	-	-
Аварийное освещение	-	7,15	1,0	7,15	0,9	-
Охранно-пожарная сигнализация	1	0,5	1,0	0,5	0,65	-
Дымоудаление, подпор (без ЭК)	1	13,0	0	0	0,8	-
Дымоудаление, подпор (с ЭК)	6	6,97	0	0	0,9	-
Итого по шкафу ППУ	8	27,62	0,28	7,65	0,88	-
Итого по ЭП I категории (шкаф ВРУ2)	12	36,82	0,46	16,85	0,72	-

Полученные результаты определения расчетных нагрузок по электроприемникам I категории (режим Пожар) ДШИ в целом сводим в таблицу 10.

Таблица 10 - Результаты определения расчетных нагрузок по электроприемникам I категории ДШИ (режим Пожар) в целом

Наименование электроприемника	N, шт.	P _{уст} , кВт	K _с (K _и)	P _р , кВт	cosφ	Прим
Шкаф АВР в составе:	-	-	-	-	-	-
Шкаф ИТП	1	0,7	1,0	0,7	0,8	-
Шкаф учета тепла	1	0,2	1,0	0,2	0,65	-
Лифт	1	7,5	1,0	7,5	0,6	таблица 7.4
Цепи защиты от замораживания	1	0,8	1,0	0,8	0,8	-
Итого по шкафу АВР	4	9,2	1,0	9,2	0,63	-
Шкаф ППУ в составе:	-	-	-	-	-	-
Аварийное освещение	-	7,15	1,0	7,15	0,9	-
Охранно-пожарная сигнализация	1	0,5	1,0	0,5	0,65	-
Дымоудаление, подпор (без ЭК)	1	13,0	1,0	13,0	0,8	-
Дымоудаление, подпор (с ЭК)	6	6,97	1,0	6,97	0,9	-
Итого по шкафу ППУ	8	27,62	1,0	27,62	0,85	-
Итого по ЭП I категории (шкаф ВРУ2)	12	36,82	1,0	36,82	0,78	-

Выводы по разделу 2.

По методу коэффициента спроса в соответствии с методикой, изложенной в СП 256.1325800.2016 были произведены расчеты нагрузок по отдельным силовым щитам и щиту вентиляции. Произведен расчет нагрузок для ЭП II категории в результате, которого расчетная мощность составила 128 кВт.

Для электроприемников I категории в нормальном режиме расчетная нагрузка составила 17 кВт, а в режиме «Пожар» – 37 кВт.

Таким образом, в целом по зданию ДШИ определенные расчетным путем нагрузки:

- общая установленная мощность $P_u = 320,79$ кВт;
- общая расчетная мощность $P_p = 144,75$ кВт.

3 Электроснабжение электроприемников ДШИ в рабочем и аварийном режимах

Электроприемники школы в основном относятся к потребителям II категории надежности электроснабжения. К первой категории электроснабжения, относятся: аварийное освещение, приборы ОПС, противопожарные устройства, щит ИТП, система передачи данных, связь МГН, системы экстренной связи.

Светильники аварийного эвакуационного освещения имеют встроенные автономные источники питания, рассчитанные на время автономной работы не менее 1,5 часов [20].

Качество электроэнергии обеспечено в соответствии с ГОСТ 32144-2013, ГОСТ Р 50571.5.52-2011.

Основными силовыми потребителями электроэнергии являются двигатели и калориферы вентиляционных систем, тепловые завесы, бытовые электроприборы, электроосвещение, насосное оборудование, оборудование учебных классов, электроосвещение.

Крупное технологическое оборудование установлено комплектно с пусковой аппаратурой [7].

Управление вентиляционным оборудованием осуществлено комплектными шкафом управления для приточных систем, и электромагнитными пускателями для вытяжных систем. Управление работой вентиляционных систем предусматривается в автоматическом режиме.

Предусмотрено отключение вентиляционных систем при пожаре посредством дистанционного отключения установленного на линии питания вентиляции. Также предусмотрено отключение вентиляторов приточных систем при пожаре посредством подачи сигнала от прибора ОПС на комплектные щиты приточных систем.

Степень защиты оболочек щитов и оборудования соответствует условиям среды помещений [8].

Управление технологическим оборудованием предусмотрено по месту.

Противопожарное оборудование, подключено от щита АВР по I-й категории надежности электроснабжения. Для питания электроприемников систем противопожарной защиты предусмотрена отдельная распределительная панель ППУ с дверью, имеющей отличительную окраску (красную).

Аппаратура управления приточных систем и вентиляторов поставляется комплектно с оборудованием систем вентиляции.

Основной комплекс помещений является помещениями без повышенной опасности поражения электрическим током. Помещения электрощитовой, теплового пункта, водомерного узла, вент. камеры, душевых являются помещениями с повышенной опасностью.

Помещения оборудованы штепсельными электрическими розетками согласно техзаданию и требований СП256.1325800.2016. В помещениях кладовых штепсельные розетки и другие электроустановочные изделия не устанавливаются.

На группы, питающие штепсельные розетки, предусмотрены дифференциальные автоматические выключатели с номинальным отключающим дифференциальным током 30мА [9].

Определим необходимую мощность конденсаторных установок:

Для шкафа РП-1 $P_p = 77,48$ кВт.

Средневзвешенный $\cos\varphi = 0,86$.

В этом случае:

$$S = P / \cos\varphi, \quad (5)$$
$$S = 77,48 / 0,86 = 90,09 \text{ кВА.}$$

Откуда:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \quad (6)$$

$$Q = \sqrt{90,09^2 - 77,48^2} = 45,96 \text{ кВАр.}$$

Принимаем конденсаторную установку АКУ-0,4-30-10-УЗ мощностью 30 кВАр.

$$\text{Тогда } Q = 45,96 - 30 = 15,96 \text{ кВАр.}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (7)$$

$$S = \sqrt{77,48^2 + 15,96^2} = 79,1 \text{ кВА.}$$

$$\cos\varphi = P / S, \quad (8)$$

$$\cos\varphi = 77,48 / 79,1 = 0,98.$$

Для шкафа РП-2 $P_p = 57,28 \text{ кВт.}$

Средневзвешенный $\cos\varphi = 0,81.$

В этом случае $S = 57,28 / 0,81 = 70,72 \text{ кВА.}$

Откуда $Q = \sqrt{70,72^2 - 57,28^2} = 41,47 \text{ кВАр.}$

Принимаем конденсаторную установку АКУ-0,4-30-10-УЗ мощностью 30 кВАр.

$$\text{Тогда } Q = 41,47 - 30 = 11,17 \text{ кВАр.}$$

$$S = \sqrt{57,28^2 + 11,17^2} = 58,35 \text{ кВА.}$$

$$\cos\varphi = 57,28 / 58,35 = 0,98.$$

Выводы по разделу 3.

Таким образом, коэффициент мощности больше 0,94 обеспечивается 2 установками компенсации реактивной мощности мощностью по 30 квар каждая, присоединенными к шинам распределительных щитов РП-1, РП-2. Установки полностью автоматизированы и имеют фиксированные ступени регулирования.

4 Вопросы обеспечения требований энергетической эффективности, организации учета электрической энергии и сведения о внешнем источнике питания

Существенное снижение расхода электроэнергии достигается за счет применения светового оборудования нового поколения с энергоэкономичными светодиодными лампами вместо ламп накаливания.

Применение энергосберегающего оборудования (класса A÷G): телевизоров, компьютеров и т.д. способствует экономии электроэнергии.

Для экономии энергоресурсов в системах вентиляции и водоснабжения применяется современное оборудование, имеющее при большей производительности меньшую электрическую мощность [10, 11].

Так же экономия достигается снижением потерь электроэнергии в распределительных сетях путём установки вводно - распределительных щитов и питающих щитов в центрах нагрузок.

Неравномерность нагрузки при распределении ее по фазам не превышает 15%.

Коммерческий учет потребляемой электроэнергии предусматривается в трансформаторной подстанции и выполняется сетевой организацией.

Во ВРУ здания дополнительно предусмотрен технический учет по каждому вводу.

Проектируемое здание питается от вновь устанавливаемой силами сетевой организации двухтрансформаторной ТП-10/0,4 кВ, максимальная мощность 136,73кВт, к которой разрешается присоединение электрических нагрузок здания.

Мощность трансформаторов, устанавливаемых в проектируемой ТП составляет 160 кВА.

Выводы по разделу 4. Определен основной перечень мероприятий по экономии электроэнергии, основное внимание уделено применению светодиодных светильников и энергоэффективного электрооборудования.

5 Разработка мероприятий по заземлению и молниезащите ДШИ

В работе предусмотрены защитные меры безопасности в соответствии с главами 1-7, 7-1 ПУЭ 6,7 изд. Для электроприемников предусмотрена система заземления TN-C-S. Все открытые проводящие части электрооборудования присоединить к нулевому защитному проводнику РЕ групповой сети. Распределительную и групповую сеть следует выполнить пяти- и трехжильными кабелями [12].

В качестве главной заземляющей шины используются шина РЕ ВРУ. К ГЗШ присоединить: заземляющий проводник PEN, защитные проводники электроустановки, главные проводники системы уравнивания потенциалов, прокладываемые от сторонних проводящих частей: металлических труб инженерных систем, входящих в здание, металлических коробов вентиляционных систем, металлические конструкции шахты лифта, металлические оболочки силовых и телекоммуникационных кабелей, контур защитного заземления, систему молниезащиты.

Все соединения с ГЗШ должны быть разъемными - болтовыми, соединения с заземляющим контуром - сварными.

Выполнена дополнительная система уравнивания потенциалов, предусматривающая металлическое соединение металлических труб и сторонних проводящих частей, а также в помещениях душевых, ванных комнатах предусмотрены шины дополнительного уравнивания потенциалов типа ЩУДП.

Проводники уравнивания потенциалов проложены совместно с силовыми кабелями [15].

Проводники основной системы уравнивания потенциалов приняты марки ПуГВВнг(А)-LS-1 сечением $1 \times 25 \text{ мм}^2$, дополнительной - $1 \times 4 \text{ мм}^2$.

На рисунке 8 представлена схема основной системы уравнивания потенциалов.

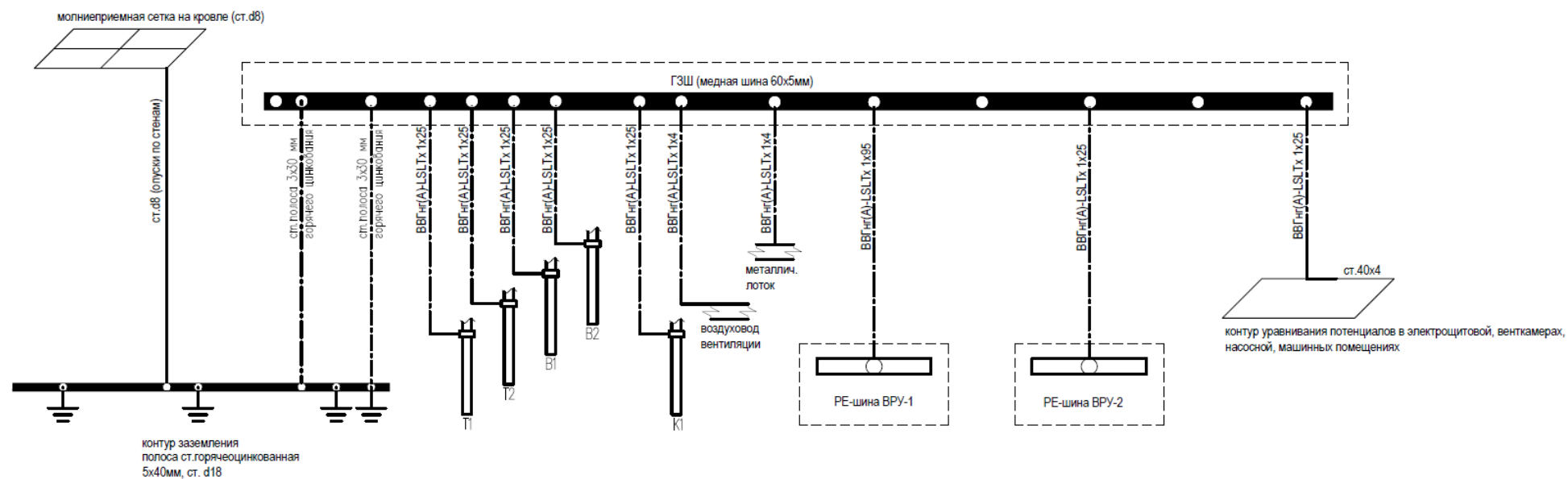


Рисунок 8 - Схема основной системы уравнивания потенциалов

На рисунке 9 представлена схема дополнительной системы уравнивания потенциалов.

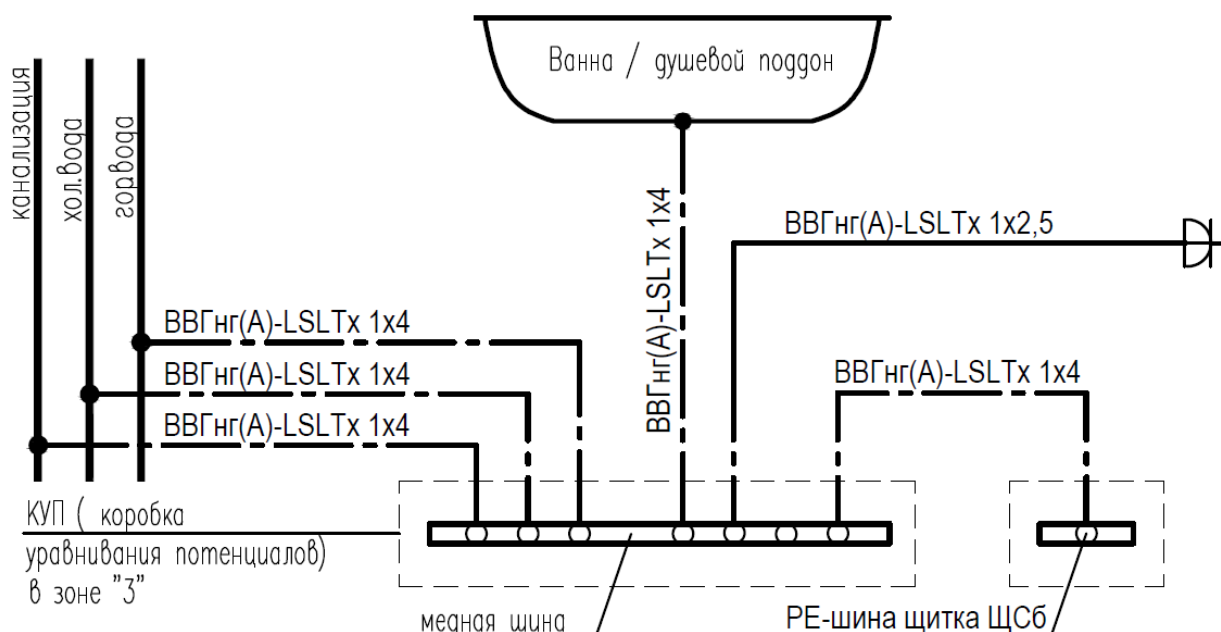


Рисунок 9 - Схема дополнительной системы уравнивания потенциалов

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

Защита от прямого прикосновения к токоведущим частям электрооборудования обеспечена [13]:

- основной изоляцией токоведущих частей;
- применением защитных оболочек для электрооборудования.

Защита при косвенном прикосновении при контакте с открытыми проводящими частями (корпусами щитов и электроприемников), оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции токоведущих частей обеспечена выключателями с комбинированным расцепителем [14].

От шины «РЕ» распределительных щитков до шины дополнительного уравнивания потенциалов (ШДУП) прокладывается провод $1 \times 4 \text{ мм}^2$, от ШДУП до болта заземления на трубопроводе и на поддоне в душевых

прокладывается провод $1 \times 4 \text{ мм}^2$.

Все видимые части системы уравнивания потенциалов должны иметь маркировку - поперечные желто-зеленые полосы.

В линиях питания штепсельных розеток для дополнительной защиты от поражения током применены устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА.

При питании штепсельных розеток от одной групповой линии ответвления от нулевого защитного проводника РЕ к каждой штепсельной розетке выполнены сжимами в ответвительной коробке.

Последовательное включение нулевого защитного проводника РЕ в защитные контакты штепсельных розеток не допускается. Указанное требование относится также к подключению светильников. Соединения нулевых защитных проводников должны быть доступны для осмотра.

Защитные проводники РЕ учебных классов кабельных линий подключены к нулевым защитным шинам РЕ щитов, присоединенных к металлическим корпусам этих щитов [16].

Так же к РЕ проводнику присоединены сети наружного освещения.

В здании предусмотрена молниезащита III категории. Молниезащита выполнена согласно требований инструкций РД 34.21.122-87 и СО 153-34.21.122- 2003.

Для защиты от прямых ударов молнии молниеприемником является молниеприемная сетка, выполненная из круглой оцинкованной стали $d=8 \text{ мм}$. Все выступающие над кровлей металлические элементы необходимо присоединить к молниеприемнику. В указанных местах (не более чем через 25 метров по периметру здания) выполнить соединения сетки с токоотводами, выполненными из оцинкованной стали круглой $d=8 \text{ мм}$.

Токоотводы соединить с наружным контуром молниезащиты, проложенным по периметру здания на расстоянии не менее 1 м от фундамента. Контур из горизонтальных электродов и вертикальных в местах подключения опусков. Контур молниезащиты совмещен с контуром заземления PEN

проводника. После выполнения заземляющего устройства, произвести испытания на сопротивление растеканию тока.

Соединения элементов молниеотвода выполняются как сварные, так и болтовые.

Выводы по разделу 5.

Для электроприемников предусмотрена система заземления TN-C-S. Все открытые проводящие части электрооборудования присоединяются к нулевому защитному проводнику РЕ групповой сети.

Предусмотрены основная и дополнительная системы уравнивания потенциалов.

Защита от прямого прикосновения к токоведущим частям электрооборудования обеспечена:

- основной изоляцией токоведущих частей;
- применением защитных оболочек для электрооборудования.

В линиях питания штепсельных розеток для дополнительной защиты от поражения током применены устройства защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА.

Для защиты от прямых ударов молнии молниеприемником является молниеприемная сетка, выполненная из круглой оцинкованной стали $d=8$ мм.

6 Выбор проводников, автоматических выключателей и осветительной арматуры

Питающие и распределительные сети выполняются кабелями с медными жилами. Изоляция и оболочка кабелей из ПВХ, не поддерживающих горение (ВВГнг(A)-LSLTx, ВВГнг(A)-FRLSLTx). Линии, питающие электроприемники систем противопожарной защиты, прокладываются в отдельных от других линий лотках, коробах.

Сечение питающих кабелей выбрано по длительно допустимой токовой нагрузке, проверено на потери напряжения в сети, на селективное срабатывание защитных аппаратов при однофазных токах короткого замыкания в конце линии [15].

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

$$I_{\text{дд}} = I_{\text{ном.дд}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (9)$$

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:

$$U = I_{\text{расч}} \cdot L \cdot R_{\text{уд}} / S, \quad (10)$$

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

L - длина линии, м;

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

S - сечение провода, мм².

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [4]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (11)$$

- «по номинальному току» [4]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (12)$$

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

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)},, \quad (13)$$

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 обратно зависимой от тока характеристикой.

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

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

$$k_{рн} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (14)$$

где « I_y – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

k_{pn} – коэффициент разброса защитной характеристики, определяемый для нижней границы;
 k_n - принимается равным 1,1 - 1,5» [4].

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

$$t_i > t_{ni}, \quad (15)$$

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]

$$t_{cp} > t_{don}, \quad (16)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;
 t_{don} – 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]:

$$I_{pa} \leq I_{np} \leq I_{don}, \quad (17)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_{don}, \quad (18)$$

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

I_{np} – номинальный ток расцепителя;

$I_{доп}$ – допустимый ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывание 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].

Выбранные типы и номинальные токи автоматических выключателей приведены в графической части работы.

Все защитные аппараты приняты с защитой от сверхтоков и проверены на время отключения однофазного тока КЗ: не более 0,4 сек.

Расчетный ток короткого замыкания определяем по формуле:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{0,9 \cdot U_{\phi}}{\frac{Z_m}{3} + Z_n + Z_{пк}}, \quad (19)$$

где « U_{ϕ} – 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 11.

Таблица 11 - Расчет токов ОКЗ и проверка аппаратов на чувствительность

№ точки	R _{T/3}	X _{T/3}	R _Л	X _Л	R _{пр}	R _{ф-н}	X _{ф-н}	Z _{ф-н}	I _{окз}	I _{ср}	T _{ср}
	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	А	А	с
K1	16,25	41,96	16,22	4,77	15	47,47	46,73	66,62	3468	3200	T _{ср} < 0,4 с
K2	16,25	41,96	19,44	5,59	20	55,69	47,55	73,23	3154	3000	T _{ср} < 0,4 с
K3	16,25	41,96	21,38	6,08	20	57,63	48,04	75,03	3079	3000	T _{ср} < 0,4 с
K4	16,25	41,96	32,97	7,06	20	69,22	49,02	84,82	2724	2500	T _{ср} < 0,4 с
K5	16,25	41,96	55,32	8,05	25	96,57	50,01	108,75	2124	640	T _{ср} < 0,4 с
K6	16,25	41,96	47,35	8,51	25	88,60	50,48	101,97	2265	1600	T _{ср} < 0,4 с
K7	16,25	41,96	784,50	20,14	25	825,75	62,10	828,09	279	200	T _{ср} < 0,4 с
K8	16,25	41,96	469,48	14,15	25	510,73	56,11	513,80	450	200	T _{ср} < 0,4 с
K9	16,25	41,96	514,48	15,00	25	555,73	56,97	558,65	414	200	T _{ср} < 0,4 с
K10	16,25	41,96	42,82	7,95	25	84,07	49,92	97,77	2363	800	T _{ср} < 0,4 с
K11	16,25	41,96	115,28	12,05	25	156,53	54,01	165,59	1395	630	T _{ср} < 0,4 с
K12	16,25	41,96	244,70	11,59	25	285,95	53,55	290,93	794	320	T _{ср} < 0,4 с
K13	16,25	41,96	109,55	7,99	25	150,80	49,95	158,86	1454	400	T _{ср} < 0,4 с
K14	16,25	41,96	98,20	7,09	25	139,45	49,05	147,82	1563	200	T _{ср} < 0,4 с
K15	16,25	41,96	292,19	17,67	25	333,44	59,63	338,73	682	400	T _{ср} < 0,4 с
K16	16,25	41,96	402,39	15,79	25	443,64	57,75	447,38	516	250	T _{ср} < 0,4 с
K17	16,25	41,96	138,26	17,91	25	179,51	59,87	189,23	1221	800	T _{ср} < 0,4 с
K18	16,25	41,96	370,13	21,52	25	411,38	63,49	416,25	555	400	T _{ср} < 0,4 с
K19	16,25	41,96	197,60	23,92	25	238,85	65,88	247,77	932	630	T _{ср} < 0,4 с
K20	16,25	41,96	156,39	8,65	25	197,64	50,61	204,01	1132	250	T _{ср} < 0,4 с
K21	16,25	41,96	179,23	16,72	25	220,48	58,68	228,15	1012	630	T _{ср} < 0,4 с
K22	16,25	41,96	910,20	22,99	25	951,45	64,95	953,66	242	60	T _{ср} < 0,4 с
K23	16,25	41,96	704,69	14,90	25	745,94	56,86	748,11	309	60	T _{ср} < 0,4 с
K24	16,25	41,96	684,69	16,17	30	730,94	58,13	733,25	315	100	T _{ср} < 0,4 с

Продолжение таблицы 11

№ точки	R _{т/3}	X _{т/3}	R _л	X _л	R _{пр}	R _{ф-н}	X _{ф-н}	Z _{ф-н}	I _{окз}	I _{сп}	T _{сп}
	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	А	А	с
K25	16,25	41,96	810,57	17,79	30	856,82	59,75	858,90	269	100	T _{сп} < 0,4 с
K26	16,25	41,96	565,91	21,65	30	612,16	63,61	615,46	375	250	T _{сп} < 0,4 с
K27	16,25	41,96	1152,22	22,20	30	1198,47	64,16	1200,19	192	100	T _{сп} < 0,4 с
K28	16,25	41,96	441,13	16,00	30	487,38	57,97	490,82	471	160	T _{сп} < 0,4 с
K29	16,25	41,96	587,40	18,78	30	633,65	60,75	636,55	363	160	T _{сп} < 0,4 с
K30	16,25	41,96	658,74	16,40	30	704,99	58,36	707,40	327	60	T _{сп} < 0,4 с
K31	16,25	41,96	263,14	11,30	30	309,39	53,26	313,94	736	160	T _{сп} < 0,4 с
K32	16,25	41,96	245,15	11,06	30	291,40	53,03	20019	780	160	T _{сп} < 0,4 с
K33	16,25	41,96	159,86	10,65	30	206,11	52,62	212,72	1086	200	T _{сп} < 0,4 с
K34	16,25	41,96	227,17	10,83	30	273,42	52,80	278,47	830	160	T _{сп} < 0,4 с

Выходы проводки к оборудованию, смонтированному на кровле, выполняются в промышленных гофрированных трубах из полиамида с применением распаечных коробок со степенью защиты не менее IP54.

Лотки монтируются таким образом, чтобы между частями лотков образовалась непрерывная электрическая цепь. Естественные сочленения являются достаточными.

Соединения медных жил проводников выполняются с помощью зажимов в распаечных коробках. Подключение к электросети штепсельных розеток выполняется через распаечные коробки или в кабельных каналах без разрыва защитного проводника сети [17].

Подключение к электросети электродвигателей предусматривается через гибкие вводы.

Прокладка кабельных линий выполняется в лотках по стенам за подшивным потолком, скрыто за подшивным потолком. Опуски до выключателей, розеток технологического и прочего оборудования выполнены в штробах.

В технических и вспомогательных помещениях кабели прокладываются открыто в ПВХ трубах [18].

Электропроводка за подвесными потолками выполняется в гофрированных трубах из ПВХ, не поддерживающих горение.

Проходы кабелей через стены, перегородки и перекрытия выполнены в отрезках стальных труб.

После прокладки кабелей зазоры в трубах заделываются несгораемым и легкопробиваемым материалом, сертифицированным по пожарной безопасности в соответствии со СП 76.13330.2016 (двухкомпонентной огнестойкой монтажной пеной).

Распределительные сети выполнены пятипроводными. Групповые сети - пятипроводными и трехпроводными.

Освещение помещений предусматривается выполнить светодиодными светильниками со степенью защиты, соответствующей помещению, в котором

они установлены.

Розетки и выключатели, установленные в помещениях с пребыванием детей, установлены на высоте 1,8 м от пола.

Прокладка кабелей внутриплощадочных сетей освещения и прочих электроприемников осуществляется в двустенных гибких ПНД-трубах по всей площади участка. Трубы прокладываются на глубине 1,0 м от поверхности планируемого дорожного покрытия и 0,7 м от поверхности земли вне проездов.

Наружное электроосвещение территории выполнено светодиодными светильниками, установленными на опорах с консольными кронштейнами. Обеспечена средняя освещенность проездов 5 лк [19].

На рисунке 10 приведена принципиальная схема подключения светильника наружного освещения.

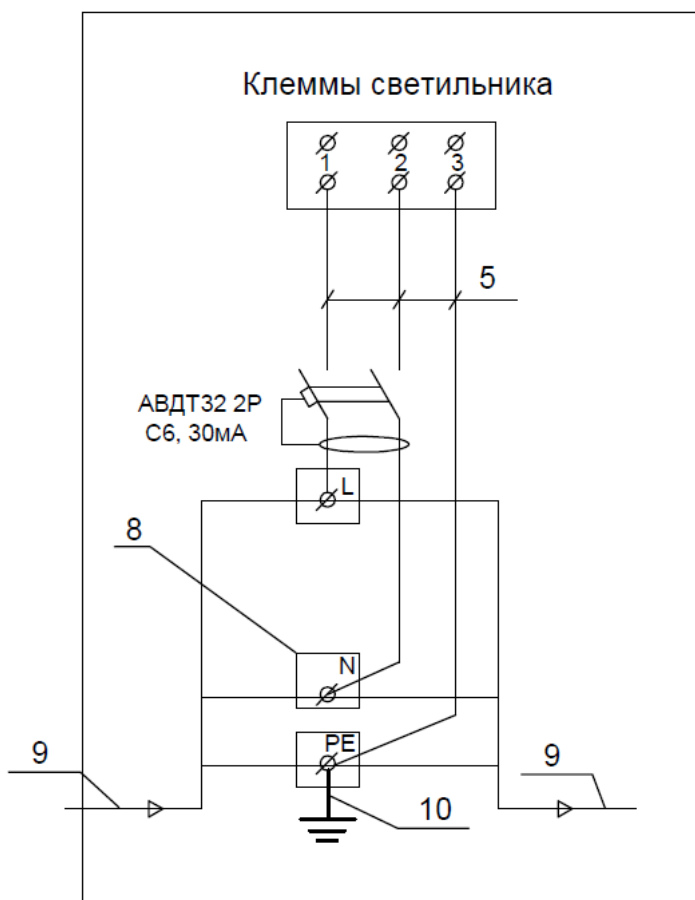


Рисунок 10 - Принципиальная схема подключения светильника наружного освещения

На рисунке 11 приведен внешний вид опоры освещения.

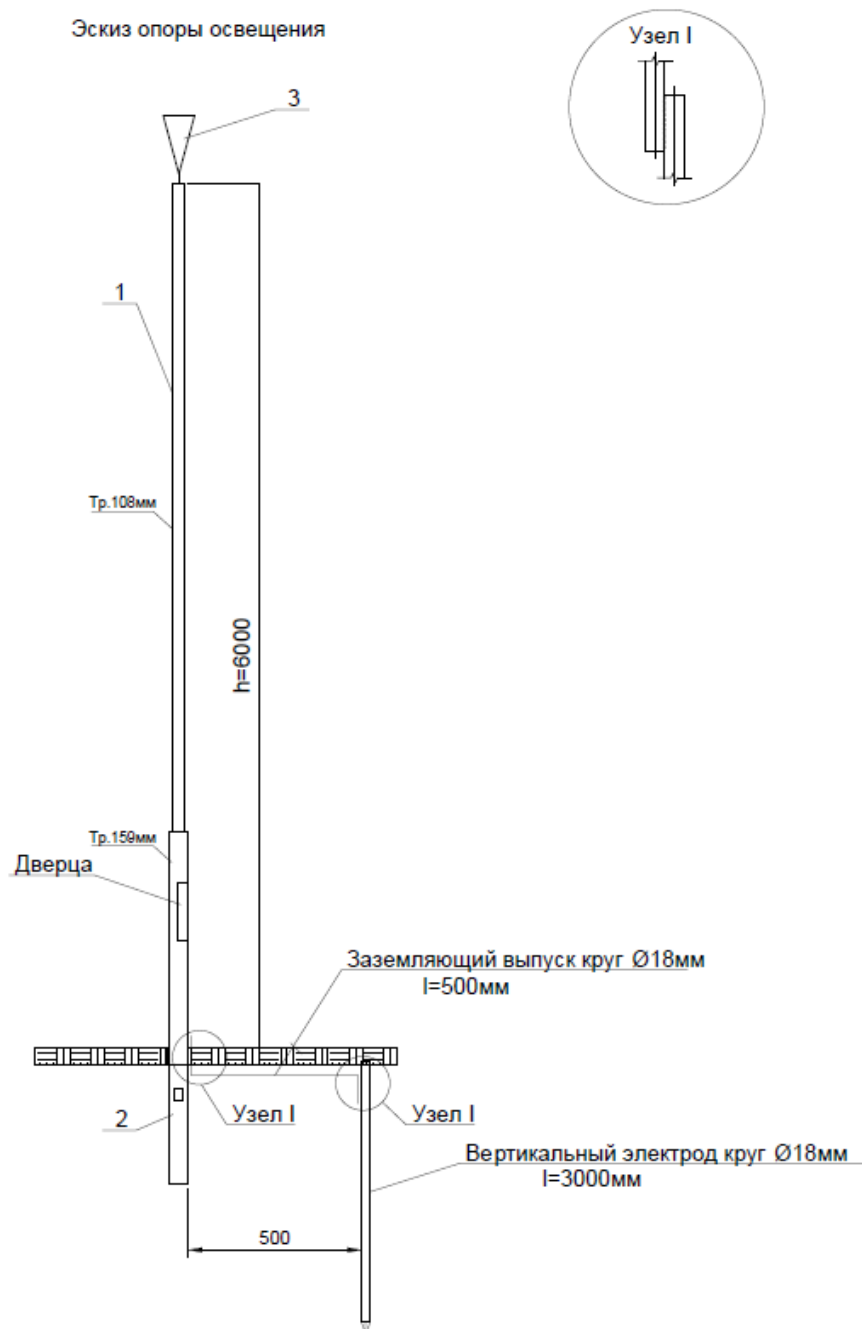


Рисунок 11 - Внешний вид опоры освещения

На рисунках 10 и 11 использованы следующие обозначения: 1 - Опора освещения стальная трубная 2-х коленная, H=6000 мм; 2 - Подземная часть h=1000мм; 3 - Светодиодный светильник VARTON 40 Вт; 4 - Кабель ВВГ 3×2,5 мм²; 5 - Дифф. автомат АВДТ32 2Р С6, 30мА; 6 - Дин-рейка 35мм; 7 -

Зажим ответвительный У731М; 8 - Кабель магистральный ВБбШвнг-LS 3×6 мм²; 9 - Провод ПуГВ 1×4 мм² (повторное заземление опоры).

Управление наружным освещением осуществляется автоматически при помощи программируемого астрономического реле.

Для МГН согласно СП 59.13330.2016, выключатели и розетки в кабине заведующей и помещении охраны установлены на высоте 0,8 м от уровня пола.

Выключатели и розетки в помещениях пребывания детей установлены на высоте 1,8 м от пола согласно СП 256.1325800.2016.

Выводы по разделу 6.

Питающие и распределительные сети выполняются кабелями с медными жилами. Изоляция и оболочка кабелей из ПВХ, не поддерживающих горение (ВБГнг(А)-LSLTx, ВБГнг(А)-FRLSLTx). Выполнены расчеты токов КЗ в различных точках сети 0,4 кВ. Сечение кабелей выбрано по длительно допустимой токовой нагрузке, проверено на потери напряжения в сети, на селективное срабатывание защитных аппаратов при однофазных токах короткого замыкания в конце линии.

Распределительные сети выполнены пятипроводными. Групповые сети - пятипроводными и трехпроводными.

Наружное электроосвещение территории выполнено светодиодными светильниками VARTON, установленными на опорах с консольными кронштейнами.

7 Расчет количества светильников в системах рабочего и аварийного освещения ДШИ

В работе предусмотрено создание сети рабочего и аварийного (эвакуационного освещения, дежурного, освещение безопасности), ремонтного электроосвещения. Выбор освещенности произведен согласно СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

Система рабочего освещения запитана от щитов ЩО. Система аварийного освещения запитана от щитов ЩОА через АВР. Переключение между вводами выполнено автоматическое. Дополнительно в качестве резервного источника электропитания светильников аварийного освещения предусмотрены блоки бесперебойного питания, установленные непосредственно в осветительную арматуру.

Резервное освещение выполнено в электрощитовой, венткамерах, в ИТП, в помещении охраны.

Эвакуационное освещение предусмотрено в проходных помещениях, коридорах, на лестницах, в актовом и танцевальных классах, в раздевальных и учебных классах, в санузлах для МГН.

Светильники у входов в здание присоединены к сети аварийного освещения. Световые указатели (знаки безопасности) устанавливаются согласно п.5.1.5 СП 256.1325800.2016:

- над каждым эвакуационным выходом;
- на путях эвакуации, однозначно указывая направления эвакуации;
- в общественных и вспомогательных помещениях;
- для обозначения поста медицинской помощи.

Для световых указателей (знаков безопасности) приняты светильники со встроенными аккумуляторами, время работы от аккумуляторов не менее 1,5 часов. В случае применения для рабочего и аварийного освещения светильников с однотипным корпусом светильники аварийного освещения

должны быть маркированы буквой «А» красного цвета. Эвакуационные световые указатели «Выход», статические указатели направления движения, зоны безопасности, световые указатели для обозначения мест размещения первичных средств пожаротушения должны быть включены одновременно с осветительными приборами рабочего освещения.

Ремонтное освещение предусмотрено в электрощитовых, в венткамерах, в ИТП. Для ремонтного освещения и ремонтных работ предусматривается установка ящиков с разделительным трансформатором типа ЯТП-0,25-220/24.

Система освещения помещений общая, равномерная.

Перепад освещенности между соседними помещениями и зонами не более 1:4.

В таблице 12 представлен перечень выбранных типов светильников и их характеристики.

Расчет освещенности выполнялся в программе Dialux EVO 7.1 по методу удельной мощности и коэффициента использования [14].

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

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

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.

Таблица 12 - Перечень выбранных типов светильников и их характеристики

Изготовитель	Модель	Номер артикула	Световой поток	Потребляемая мощность
VARTON	STRONG 2.0	V1-12-70210-03G02-6503540	4400 лм	35 Вт
VARTON	STRONG 2.0 с блоком аварийного питания	V1-12-70210-03A02-6503540	4400 лм	35 Вт
VARTON	ЖКХ NERO FLEX	V1-U0-00821-21000-65015XX	2000 лм	15 Вт
VARTON	ЖКХ NERO FLEX с блоком аварийного питания	V1-U0-00821-21A00-6501540	2000 лм	15 Вт
VARTON	ЖКХ NERO FLEX	V1-U0-00821-21000-65025XX	2900 лм	25 Вт
VARTON	Табличка	V1-EM-00432-01A01-6500365	51 лм	5,3 Вт
VARTON	LUX 0,6т	V1-U0-00030-20000-2001840	1700 лм	18 Вт
VARTON	LUX 0,6т с блоком аварийного питания	V1-U0-00030-20A00-2001840	1700 лм	18 Вт
VARTON	A070	V1-AO-00070-01HG0-4003640	4000 лм	36 Вт
VARTON	A070 с блоком аварийного питания	V1-AO-00070-01HGA-4003640	4000 лм	36 Вт
VARTON	E070 (опал)	V1-E0-00070-01OP0-4003540	3800 лм	35 Вт
VARTON	E070 (опал) с блоком аварийного питания	V1-E0-00070-01OPA-4003540	3800 лм	35 Вт

Определяется расчетное число светильников по формуле» [3]:

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

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

$\Phi_{\text{л}}$ - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [4].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [3]:

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

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

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

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

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

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

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

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

На графическом листе с освещением одного из этажей ДШИ приведены результаты выбора типов и количества светильников.

Светильники аварийного освещения выделены из общего числа и в нормальных условиях являются рабочими светильниками.

Освещенность на путях эвакуации и в местах пребывания МГН принята на одну ступень больше, по сравнению с нормативными требованиями СП 52.13330.2016.

Выводы по разделу 7.

Для каждого из помещений ДШИ были определены требуемые уровни освещенности согласно СП на естественное и искусственное освещение.

Система рабочего освещения запитана от щитов ЩО. Система аварийного освещения запитана от щитов ЩОА через АВР.

Дополнительно в качестве резервного источника электропитания светильников аварийного освещения предусмотрены блоки бесперебойного питания, установленные непосредственно в осветительную арматуру.

Система освещения помещений выбрана общая, равномерная.

Расчет освещенности выполнялся в программе Dialux EVO 7.1, в результате было определено необходимое количество светильников для каждого из помещений. Определены типы применяемых светодиодных светильников, в работе использованы различные типы светильников производства VARTON.

Светильники аварийного освещения выделены из общего числа и в нормальных условиях являются рабочими светильниками.

Заключение

В бакалаврской работе рассмотрены вопросы проектирования системы электроснабжения детской школы искусств, отвечающей требованиям безопасности, экологичности и экономичности как по затратам на материалы, так и минимальному значению потерь электрической энергии в элементах сети.

Категория здания школы по надежности электроснабжения - II для основного комплекса электроприемников, I - для электроприемников средств противопожарной защиты, аварийного освещения, щита ИТП и т.д. Для потребителей I категории электроснабжения устанавливается шкаф АВР. Питание ВРУ здания осуществляется по двум кабельным линиям АПвБШнг(А)-LSнг 4×185 мм².

По методу коэффициента спроса в соответствии с методикой, изложенной в СП 256.1325800.2016 были произведены расчеты нагрузок по отдельным силовым щитам и щиту вентиляции. Произведен расчет нагрузок для ЭП II категории в результате которого расчетная мощность составила 128 кВт.

Для электроприемников I категории в нормальном режиме расчетная нагрузка составила 17 кВт, а в режиме «Пожар» – 37 кВт.

Таким образом, в целом по зданию ДШИ определенные расчетным путем нагрузки:

- общая установленная мощность $P_u = 320,79$ кВт;
- общая расчетная мощность $P_r = 144,75$ кВт.

Таким образом, коэффициент мощности больше 0,94 обеспечивается 2 установками компенсации реактивной мощности мощностью по 30 квар каждая, присоединенными к шинам распределительных щитов РП-1, РП-2. Установки полностью автоматизированы и имеют фиксированные ступени регулирования.

Определен основной перечень мероприятий по экономии

электроэнергии, основное внимание уделено применению светодиодных светильников и энергоэффективного электрооборудования.

Для электроприемников предусмотрена система заземления TN-C-S. Все открытые проводящие части электрооборудования присоединяются к нулевому защитному проводнику РЕ групповой сети.

Предусмотрены основная и дополнительная системы уравнивания потенциалов.

Защита от прямого прикосновения к токоведущим частям электрооборудования обеспечена:

- основной изоляцией токоведущих частей;
- применением защитных оболочек для электрооборудования.

В линиях питания штепсельных розеток для дополнительной защиты от поражения током применены устройства защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА.

Для защиты от прямых ударов молнии молниеприемником является молниеприемная сетка, выполненная из круглой оцинкованной стали $d=8$ мм.

Питающие и распределительные сети выполняются кабелями с медными жилами. Изоляция и оболочка кабелей из ПВХ, не поддерживающих горение (ВВГнг(A)-LSLTx, ВВГнг(A)-FRLSLTx). Выполнены расчеты токов КЗ в различных точках сети 0,4 кВ. Сечение кабелей выбрано по длительно допустимой токовой нагрузке, проверено на потери напряжения в сети, на селективное срабатывание защитных аппаратов при однофазных токах короткого замыкания в конце линии.

Распределительные сети выполнены пятипроводными. Групповые сети - пятипроводными и трехпроводными.

Наружное электроосвещение территории выполнено светодиодными светильниками VARTON, установленными на опорах с консольными кронштейнами.

Для каждого из помещений ДШИ были определены требуемые уровни освещенности согласно СП на естественное и искусственное освещение.

Система рабочего освещения запитана от щитов ЩО. Система аварийного освещения запитана от щитов ЩОА через АВР.

Дополнительно в качестве резервного источника электропитания светильников аварийного освещения предусмотрены блоки бесперебойного питания, установленные непосредственно в осветительную арматуру.

Система освещения помещений выбрана общая, равномерная.

Расчет освещенности выполнялся в программе Dialux EVO 7.1, в результате было определено необходимое количество светильников для каждого из помещений. Определены типы применяемых светодиодных светильников, в работе использованы различные типы светильников производства VARTON.

Светильники аварийного освещения выделены из общего числа и в нормальных условиях являются рабочими светильниками.

Список используемой литературы

1. Автоматические выключатели Legrand [Электронный ресурс]. URL: https://legrand.ru/upload/iblock/8db/DC356_DMX3.pdf (дата обращения 06.02.2023).
2. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: учебно-методическое пособие. Издательство ТГУ: Тольятти, 2016. 78 с.
3. Выбор автомата по мощности нагрузки и сечению провода [Электронный ресурс]. URL: <https://volgaproekt.ru/stati/vybor-avtomata-po-moshchnosti-nagruzki.html> (дата обращения: 16.03.2023).
4. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации 01.01.2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108284> (дата обращения 08.12.2022).
5. 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 14.01.2023).
6. ГОСТ 53768-2010 Провода и кабели для электрических установок на номинальное напряжение до 450/750 В включительно. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2012. 22 с.
7. Группа компаний «Световые технологии». Каталог LED светильников [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/commercial-luminaires/office-luminaires/> (дата обращения 05.02.23).
8. Дизель генераторная установка. Завод энергетического оборудования «Электроспецтехника» [Электронный ресурс]. URL: https://www.estech.ru/poleznaya_informatsiya/dizelnye-generatory-serii-ad/dizel-

generatornaya-ustanovka-ad-200s-t400-ad-200-na-dvigatele-yamz/ (дата обращения 11.02.23).

9. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: справочные материалы по электрооборудованию [Электронный ресурс]. URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SEROB/ucheberab3/Tabstud3/M_Kabishev_Obuhov_Raschet.pdf (дата обращения: 16.01.2022).

10. Конденсаторная установка УКМ-58 0.4-167-33.3. «Микрон» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mircond.com/kondensatornye-ustanovki/kondensatornaya-ustanovka-ukm-58-0-4-167-33-3-1900x450x440/> (дата обращения 15.11.22).

11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <https://www.elec.ru/library/direction/pue.html> (дата обращения 12.03.2023).

12. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. [Электронный ресурс]: URL: <https://ru-bezh.ru/uploads/instrukcii/rd/%D0%A0%D0%94%2034.21.122-87.pdf> (дата обращения: 05.02.2023).

13. Силовой трансформатор ТСЗ-1600 [Электронный ресурс]. URL: https://slavenergo.ru/transformator_tsz_1600 (дата обращения 25.12.2022).

14. 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 16.12.2022).

15. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]: Свод правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 02.03.2023).

16. Calculation of short-circuit currents [Электронный ресурс]. URL: <https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/techniques/3357/3357-ect158.pdf> (дата обращения 15.02.2023).

17. Daza S. A. Electric Power System Fundamentals: tutorial. London: Artech house, 2016. 405 p.
18. Panteleev V. Optimization model of power supply system of industrial enterprise. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016. pp. 441 – 450.
19. Sanober Hassan Khattak, Michael Oates, Rick Greenough Towards improved energy and recourse management in manufacturing // Energies. 2018. № 11(4). C. 1-15
20. Ugrad H., Winker W. Protection Techniques in Electrical Energy System. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016. pp. 441 – 450.