

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт - филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения ГБУ СО «Центр социальной
помощи семье и детям «Минусинский»»
тема

Руководитель	_____	<u>доцент, к.э.н.</u>	<u>Н.В. Дулесова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>К.В.Роменский</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>И.А. Кычакова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт - филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Роменскому Кириллу Владимировичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ХЭн 19-01

Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код)

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция системы электроснабжения ГБУ СО «Центр социальной помощи семье и детям «Минусинский»»

Утверждена приказом по институту № 286 от 17.05.2023 г.

Руководитель ВКР Н.В. Дулесова, канд.экон.наук, доцент кафедры «ЭМиАТ»

(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР сведения об электрических нагрузках; поэтажный план объекта; сведения об источниках питания.

Перечень разделов ВКР:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Основные нормативные требования при реконструкции электроустановок общественных зданий

1.2 Принципы электроснабжения общественных зданий

2 Аналитическая часть.

2.1 Характеристика объекта

2.2 План по реконструкции системы электроснабжения объекта

3 Практическая часть

3.1 Расчет силовой нагрузки сети

3.2 Светотехнический расчет освещения

3.2.1 Электротехнический расчет освещения

3.3 Выбор и расстановка распределительных пунктов, кабельных линий и коммутационно-защитной аппаратуры

3.4 Расчет токов короткого замыкания

3.5 Проверка элементов электрической сети к действию токов короткого замыкания

3.6 Расчет затрат на сооружение электрической сети

3.7 Мероприятия по заземлению и молниезащите

Заключение

Список использованных источников

Перечень обязательных листов графической части:

1. Однолинейная схема ВРУ – 0,4 кВ

2. Схема разводки силовой и осветительной сети

3. Смета расходов на реконструкцию системы электроснабжения

Руководитель ВКР

Н.В. Дулесова

(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

К.В.Роменский

(подпись, инициалы и фамилия студента)

«15» марта 2023г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция системы электроснабжения ГБУ СО «Центр социальной помощи семье и детям «Минусинский»» содержит 55 страницы текстового документа, 25 использованных источника, 3 листа графического материала, 1 приложение.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ЭЛЕКТРОПРИЕМНИК, ОБОРУДОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОСАБЖЕНИЕ, ОСВЕЩЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, СОЦИАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ.

Объект реконструкции – система электроснабжения здания центра социальной помощи семьи и детям.

Предмет исследования – методы расчета силовых и осветительных электрических нагрузок в системах электроснабжения общественных зданий.

Основной целью реконструкции системы электроснабжения является повышение надежности электроснабжения путем замены существующего электрическое оборудования и электрическое освещения, не отвечающего современным требованиям к надежности и качеству электроэнергии. Необходимо заменить существующую схему электроснабжения и освещения таким образом, чтобы она соответствовала современным требованиям безопасности, надежности и экономичности.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Reconstruction of the power supply system of the SBU SB "Center for Social Assistance to families and Children "Minusinsky"" contains 55 pages of a text document, 25 sources used, 3 sheets of graphic material, 1 appendix.

RECONSTRUCTION, ELECTRIC RECEIVER, EQUIPMENT, POWER SUPPLY, LIGHTING, ELECTRICAL LOADS, SOCIAL OBJECT.

The object of reconstruction is the power supply system of the building of the center for social assistance to families and children.

The subject of the study is methods for calculating power and lighting electrical loads in power supply systems of public buildings.

The main purpose of the reconstruction of the power supply system is to increase the reliability of power supply by replacing existing electrical equipment and electric lighting that does not meet modern requirements for reliability and quality of electricity. It is necessary to replace the existing power supply and lighting scheme in such a way that it meets modern safety, reliability and cost-effectiveness requirements.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть	9
1.1 Основные нормативные требования при реконструкции электроустановок общественных зданий	9
1.2 Принципы электроснабжения общественных зданий	11
2 Аналитическая часть	14
2.1 Характеристика объекта	14
2.2 План по реконструкции системы электроснабжения объекта	18
3 Практическая часть	21
3.1 Расчет силовой нагрузки сети	21
3.2 Светотехнический расчет освещения	23
3.2.1 Электротехнический расчет освещения	32
3.3 Выбор и расстановка распределительных пунктов, кабельных линий и коммутационно-защитной аппаратуры	36
3.4 Расчет токов короткого замыкания	42
3.5 Проверка элементов электрической сети к действию токов короткого замыкания	44
3.6 Расчет затрат на сооружение электрической сети	45
3.7 Мероприятия по заземлению и молниезащите	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51
Приложение А	54

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач государственной политики является повышение уровня жизни населения, улучшения качества оказываемых социальных услуг. Для решения данных задач кроме строительства новых объектов социального назначения предусматривается реконструкция старых зданий, для чего в свою очередь требуется реконструкция системы электроснабжения.

В выпускной квалификационной работе рассмотрена реконструкция системы электроснабжения центра социальной помощи семье и детям, расположенного в Красноярском крае в г. Минусинск. В настоящий момент времени электропроводка, установленная в здании, израсходовала свой ресурс эксплуатации и морально устарела, а значит ухудшились ее энергетические показатели. Необходимо произвести реконструкцию системы электроснабжения в соответствии с современными требованиями к системам электроснабжения и нормами к качеству электрической энергии.

Объект реконструкции – система электроснабжения здания центра социальной помощи, находящегося по адресу: г. Минусинск, ул. Советская, 31 «б» [25].

Предмет исследования – анализ методов определения электрических нагрузок, связанных с освещением и энергопотреблением, в сетях электроснабжения общественных зданий.

Тематика работы является актуальной, так как общественные здания, такие как школы, больницы, библиотеки и культурные центры, могут быть построены десятилетия назад и нуждаются в реконструкции. Внимание к вопросу модернизации и обновления таких зданий является критическим, чтобы поддерживать их работоспособность, безопасность и соответствие современным стандартам.

Цель выпускной квалификационной работы – выполнить реконструкцию системы электроснабжения центра социальной помощи с применением современного электрооборудования: проводки и защитных аппаратов

электрических сетей, выбора и замены ЩР, электрического освещения, установка заземления.

Для выполнения бакалаврской работы необходимо решить данные задачи:

- 1) Проанализировать объект и обосновать реконструкцию системы электроснабжения;
- 2) Рассчитать электрическую нагрузку электроприемников и электроосвещения;
- 3) Выбрать силовое оборудование, аппараты защиты, проводники;
- 4) Рассчитать токи короткого замыкания и выполнить проверку элементов электрической сети;
- 5) Рассчитать экономические затраты на проект реконструкции системы электроснабжения

Новизна работы – обновление инженерных систем: замена устаревших систем вентиляции, кондиционирования, отопления и электроснабжения на более эффективные и современные, обеспечивающие комфортные условия пребывания и работы.

1 Теоретическая часть

1.1 Основные нормативные требования при реконструкции электроустановок общественных зданий

Федеральные законы, включая "Об электроэнергетике" [17] и "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности" [20], содержат основные нормативные требования к проектированию осветительных и силовых электрических систем общественных зданий.

Эти законы определяют основы и обязательные нормы для проектирования электрических систем в общественных зданиях. Кроме того, существуют государственные стандарты, специальные своды правил, и другие нормативные документы, которые также основываются на этих законах.

СП 256.1325800.2016 [10] является главным документом, который содержит руководство по особенностям проектирования электрических сетей в общественных зданиях. В этом документе содержатся требования к энергоснабжению общественных зданий различной категории.

Категория электроприемников общественного здания, от которой зависит надежность его электроснабжения, определяется количеством работающих сотрудников. Если это небольшое здание с числом персонала до 50 человек, то оно относится к III категории. Если же есть свыше 50 сотрудников, но их численность не превышает 2000 человек, а само здание не выше 16 этажей, то оно относится к II категории. Если число людей превышает эти значения или здание имеет более 16 этажей, то оно относится к I категории электроснабжения электроприемников. Большинство общественных зданий относятся ко II-й категории электроснабжения.

Согласно ПУЭ, силовые и осветительные сети общественных зданий обычно должны быть питаемыми отдельно. Розеточные сети питаются от силовых пунктов, а осветительные сети - от осветительных щитков. Это обеспечивает более надежную и безопасную работу электроустановок.

В процессе использования и проектирования электротехнических устройств в общественных зданиях, включая центры социальной помощи,

применяется СП 76.13330.2016 [12]. Данное руководство представляет собой набор инструкций, которые описывают процедуру установки и настройки различных электротехнических устройств. Для обеспечения правильного искусственного освещения в общественных зданиях необходимо соблюдать нормы освещенности для каждого помещения. Эти нормы приписаны в СП 52.13330.2016 [11] и определяют требования к уровню освещенности и качеству освещения, которые должны быть соблюдены для обеспечения комфортных условий работы и пребывания в помещениях общественных зданий. Кроме того, при проектировании электрических сетей в этих зданиях учитываются применимые ГОСТы, СП, и другие нормативные документы. Все эти требования и стандарты направлены на обеспечение электробезопасности, энергоэффективности и надежности электрических сетей в общественных зданиях для безопасного и комфортного использования.

Все эти требования и нормативы разработаны для обеспечения безопасности и надежности электрических систем в общественных зданиях и должны быть учтены при проектировании и строительстве.

1.2 Принципы электроснабжения общественных зданий

При проектировании электроснабжения общественных зданий следует руководствоваться следующими принципами:

Безопасность: обеспечение безопасности как для пользователей здания, так и для самих систем электроснабжения. Это включает в себя правильное размещение электрооборудования, защиту от короткого замыкания и перегрузок, а также обеспечение возможности эвакуации в случае ЧП.

Надежность: системы электроснабжения должны быть надежными и предусматривать резервные и резервно-аварийные источники питания. Также важно обеспечить непрерывность электроснабжения и минимизировать время простоев, чтобы предотвратить потерю энергии и неудобства для пользователей.

Энергоэффективность: оптимизация энергопотребления, минимизация потерь энергии и использование энергосберегающих решений. Это включает в себя использование эффективных систем освещения, регулируемых электроприборов и систем управления нагрузками.

Гибкость и масштабируемость: системы электроснабжения должны быть гибкими и масштабируемыми, чтобы учитывать изменения в потреблении электроэнергии и возможность добавления нового оборудования или зданий. Архитектура системы должна быть легко изменяемой и адаптированной к возможным будущим потребностям.

Удобство эксплуатации: обеспечение удобства в эксплуатации и обслуживании систем электроснабжения. Это включает в себя доступность и понятность электрооборудования, легкость проверки состояния системы и возможность быстрого реагирования на возможные проблемы.

Соблюдение норм и стандартов: учет всех применимых нормативов и стандартов при проектировании, чтобы обеспечить соответствие системы электроснабжения требованиям и нормам безопасности и качества.

Учет экологических аспектов: использование экологически чистых технологий и материалов, учет возможности использования возобновляемых источников энергии. Это позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду и улучшить устойчивость системы электроснабжения.

Электроприемники общественных зданий относятся к различным электроустановкам, которые используются для подачи и распределения электроэнергии в общественных зданиях

Некоторые общие типы электроприемников, которые могут быть установлены в общественных зданиях, включают в себя:

Распределительные щиты: это основные элементы электроустановок, которые предназначены для защиты и распределения электроэнергии. Они позволяют подключить и распределить электропитание от электросети к различным электропотребителям в здании.

Розетки и выключатели: общественные здания обычно имеют большое количество розеток и выключателей для подключения и отключения электроприборов и освещения. Они могут быть установлены в помещениях для общего пользования, офисах, переговорных комнатах и других местах.

Светильники: освещение является неотъемлемой частью любого общественного здания. Различные светильники, такие как люстры, споты, настенные светильники и подсветка, могут быть установлены для обеспечения хорошего освещения внутри здания.

Системы аварийного освещения: в случае аварии или отключения основного электроснабжения общественные здания обычно оборудованы системами аварийного освещения. Они обеспечивают минимальное освещение для эвакуации людей в безопасное место.

Системы пожарной сигнализации: при установке систем пожарной сигнализации в общественных зданиях требуется электрическое подключение для работы датчиков, звуковых и световых сигналов и других компонентов системы.

Системы климат-контроля: в некоторых общественных зданиях могут быть установлены системы кондиционирования и вентиляции, которые требуют подключения к электросети для работы компрессоров и вентиляционных устройств.

Это лишь некоторые примеры электроприемников, которые могут быть установлены в общественных зданиях. Фактический набор и типы электроприемников будут зависеть от конкретных потребностей и требований здания.

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика объекта

Рассматриваемый объект – Краевое государственное бюджетное учреждение социального обслуживания «Центр социальной помощи семье и детям «Минусинский» расположен по адресу: Красноярский край, г. Минусинск, ул. Советская, 31 «б» [25]. (рисунок 2.1).

Цель деятельности заключается в помощи семьям в реализации их права на защиту со стороны государства, а также в развитии и укреплении самих семей. Еще одна цель - повышение социально-экономического уровня, улучшение социального здоровья и обеспечение благополучия семей и детей. А также важно расширение связей семей с обществом и государством и установление гармоничных отношений внутри семей.

Основной вид деятельности: поддержка семей с детьми в решении проблем мобилизации собственных ресурсов по преодолению трудной жизненной ситуации.

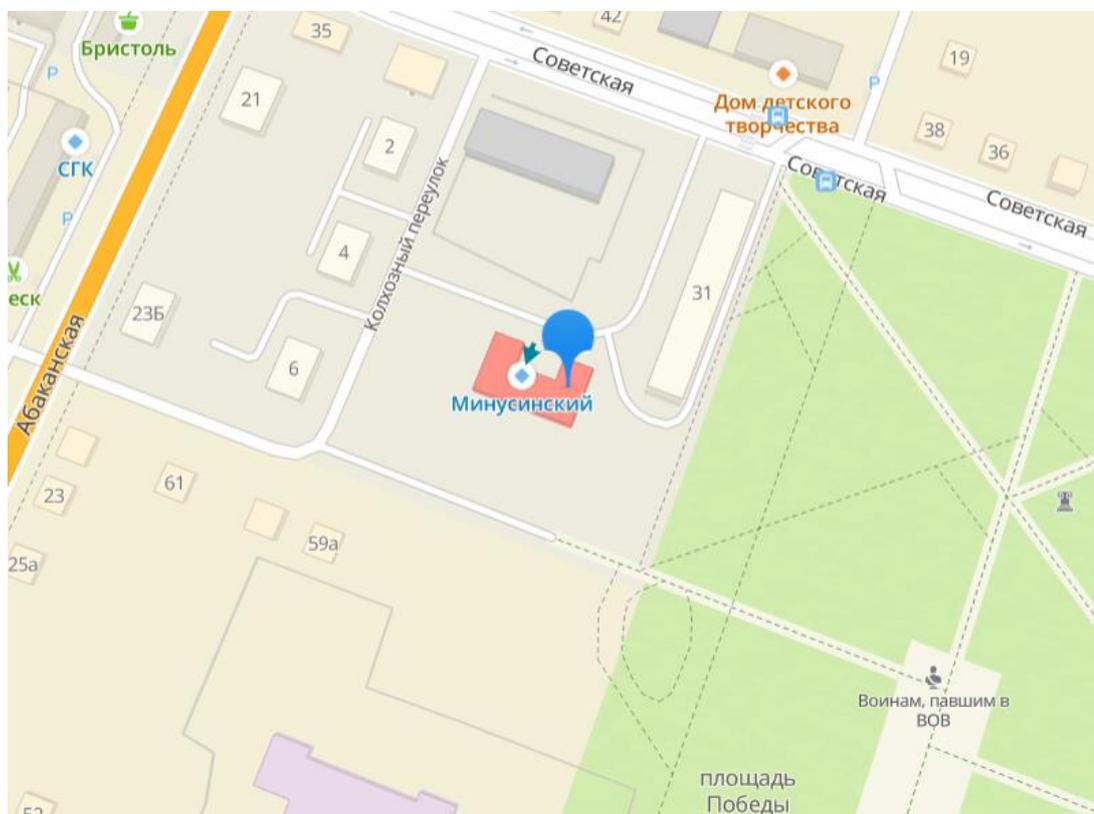


Рисунок 2.1 – Местонахождение центра в г. Минусинск

Здание городского центра социальной помощи относится к классу с нормальными условиями окружающей среды. Характеристика помещения: сухая среда, отсутствие признаков, свойственных жарким, пыльным или химически активным помещениям.

Кирпичное здание, построенное в 1954 году, П – образной формы имеет два полноценных этажа, центральное отопление, водоснабжение и канализационную систему.

На первом этаже располагаются кабинеты, актовый зал, туалет, подсобное и техническое помещение.

На втором этаже располагаются кабинеты для занятий и туалет.

Для перемещения по этажам предусмотрено две лестницы.

Основной источник электроснабжения РУ-0,4кВ ТМЗ-1000/10 ТП.

Категория электроснабжения основного источника питания III.

Класс напряжения: 0,4 кВ.

Электрические бытовые приемники рассчитаны на однофазное напряжение 220 частотой 50 Гц.

Основные потребители электроэнергии: освещение, компьютерная техника и системы кондиционирования.

Основные показатели:

Напряжение питающей сети, В – 380 В;

Расчетная мощность P_p , кВт. – 20,24 кВт;

Расчетный ток I_p , А – 32,37 А;

Коэффициент мощности $\cos(\varphi)$, о.е. 0,95.

Категория надежности электроснабжения – III

Таблица 2.1 – Экспликация помещений первого этажа

Номер помещения	Наименования	Площадь, м ²
1	Кабинет	47,44
2	Кабинет	30,54
3	Кабинет	17,36
4	Кабинет	16,67

Окончание таблицы 2.1

5	Кабинет	11,34
6	Кабинет	11,08
7	Кабинет	12,12
8	Туалет	7,47
9	Коридор	10,22
10	Коридор	4,07
11	Лестница (с учётом тамбура)	20,79
12	Коридор	95,24
13	Подсобное	17,14
14	Актовый зал	109,36
15	Кабинет	16,43
16	Кабинет	8,15
17	Кабинет	16,68
19	Тамбур	7,3
20	Коридор	5,0
21	Лестница	20,3
22	Тех. помещение	9,61

Таблица 2.2 – Экспликация помещений второго этажа

Номер помещения	Наименования	Площадь, м ²
1	Коридор	11,13
2	Лестница	20,3
3	Лестница	20,79
4	Коридор	11,33
5	Коридор	3,0
6	Коридор	7,92
7	Коридор	4,39
8	Кабинет	17,05
9	Кабинет	12,21
10	Кабинет	14,92
11	Кабинет	12,28
12	Кабинет	12,02
13	Кабинет	16,56
14	Кабинет	16,61
15	Кабинет	12,99
16	Кабинет	17,05
17	Кабинет	17,14
18	Кабинет	15,64
19	Кабинет	18,11
20	Кабинет	25,26
21	Кабинет	7,13

Окончание таблицы 2.2

22	Кабинет	7,01
23	Кабинет	7,51
24	Кабинет	6,82
25	Кабинет	8,13
26	Кабинет	10,96
27	Кабинет	10,35
28	Кабинет	11,29
29	Кабинет	17,08
30	Кабинет	17,55
31	Туалет	6,73
32	Тамбур	4,26
33	Коридор	64,22
34	Коридор	5,0

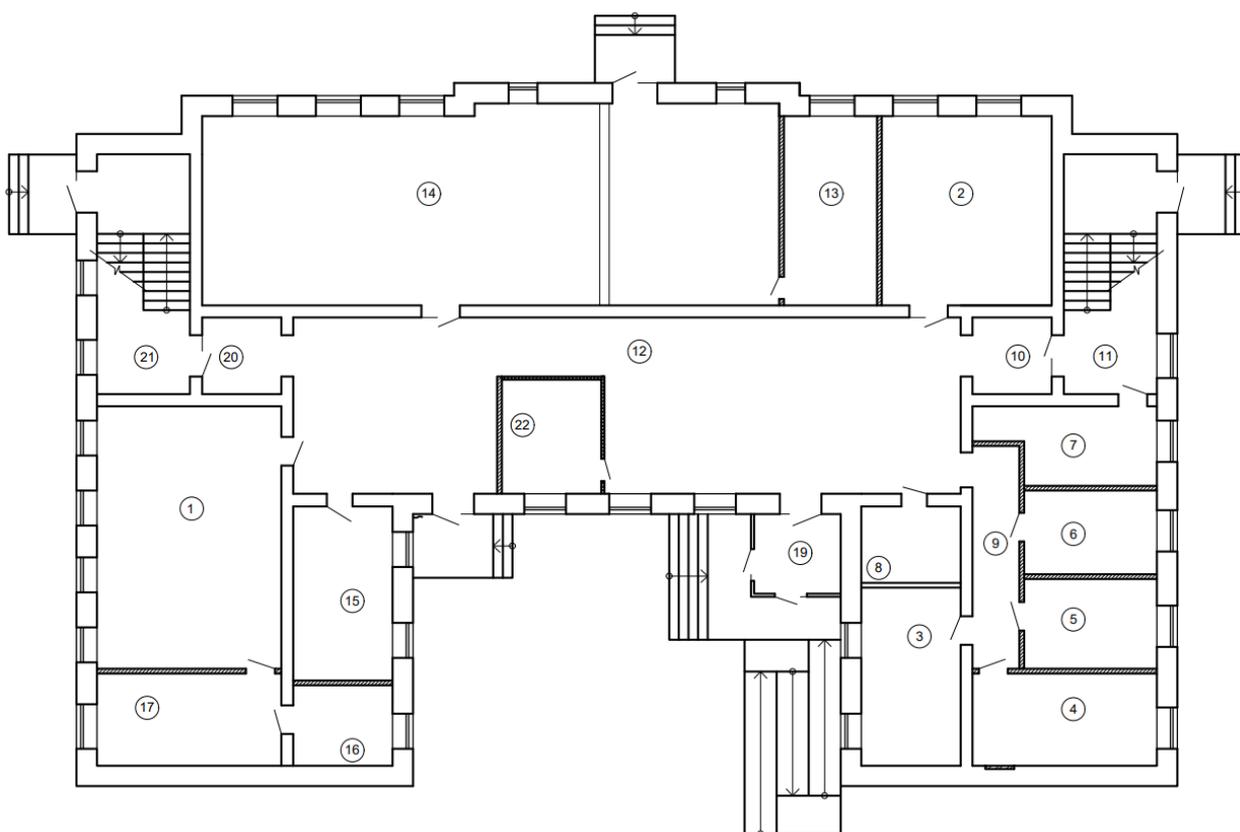


Рисунок 2.2 – План 1-го этажа

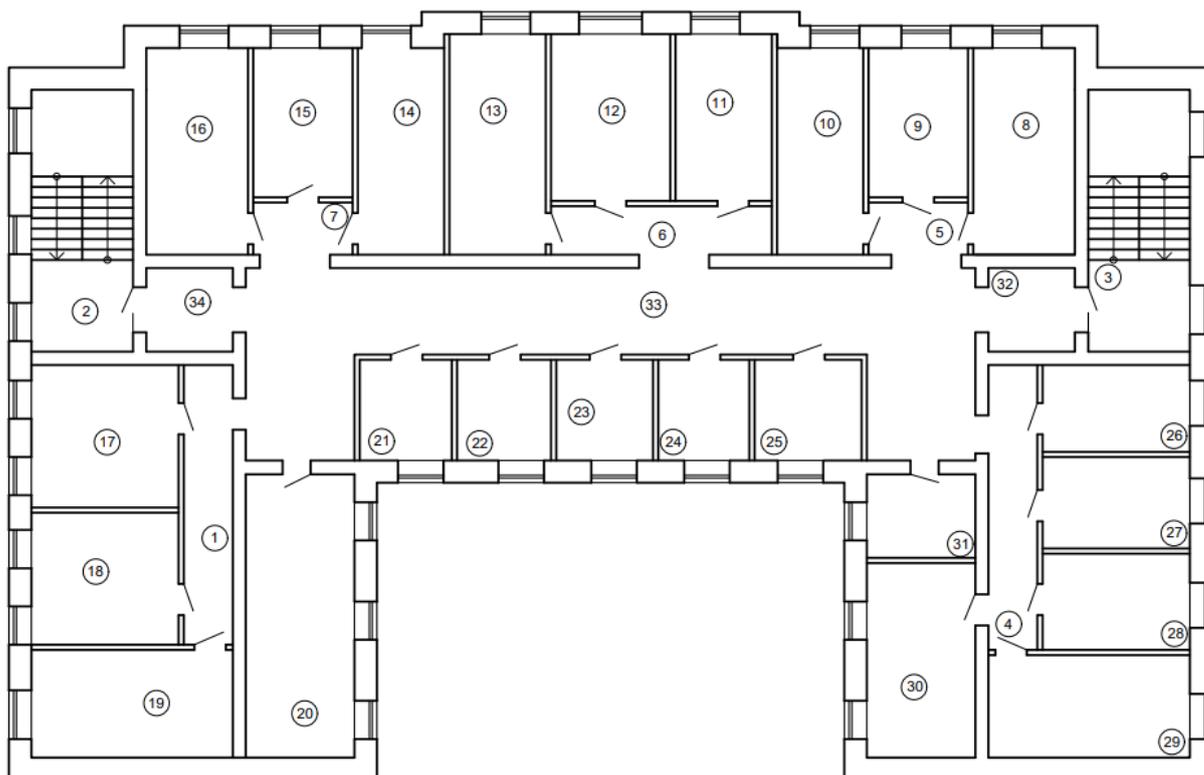


Рисунок 2.3 – План 2-го этажа

2.2 План по реконструкции системы электроснабжения объекта

Реконструкция электрической сети здания центра социальной помощи необходима в связи с заменой старой пожароопасной алюминиевой электрической проводкой. Для этого необходимо изменить питающие кабели на вариант с оболочкой, которая не подвержена горению. Также требуется заменить коммутационно-защитную аппаратуру, так как текущее оборудование имеет моральный износ и некорректно работает или полностью не справляется с защитой от перегрузок и коротких замыканий.

Электроснабжение объекта выполним на основании нормативных документов на проектирование в соответствии с требованиями Правил проектирования и монтажа СП 256.1325800.2016 [10], Правил естественного и искусственного освещения СП 52.13330.2016 [11], Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [7], Правил технической эксплуатации электрических сетей [16].

Согласно представленным нормативным документам, составляем схему электроснабжения так, чтобы она обеспечивала электроснабжение электроприёмников II и III категории надежности электроснабжения. Сечение проводов и кабелей выбираем по допустимой токовой нагрузке с учетом, что показатели и нормы качества электрической энергии в точке присоединения должны соответствовать требованиям ГОСТ 32144 – 2013 [5].

Светильники аварийного освещения в нормальном режиме запитываем от основного ввода, в аварийном режиме их работа будет обеспечиваться конструктивно встроенными аккумуляторами и автоматическим переключением на резервный ввод.

Для улучшения энергоэффективности мы устанавливаем светодиодные светильники, которые потребляют меньше электроэнергии и обладают высокой светоотдачей и коэффициентом полезного действия. Это позволит снизить мощность и расход электроэнергии, затрачиваемый на освещение. Применяем экономически эффективные сечения проводов.

Учет электроэнергии будет осуществляться существующим прибором учета.

Разрабатываем меры безопасности для защиты от прямого прикосновения и поражения электрическим током. Основная изоляция токоведущих частей обеспечивает надежную защиту. Эти части также заземляем с использованием защитного заземляющего проводника.

Спуски кабельных линий к выключателям и розеткам выполняем под слоем мокрой штукатурки.

Для создания проходов через стены между пожарными отсеками и перекрытиями используем секции из стальных труб. Это обеспечивает прочность и надежность проходов. Кроме того, зазоры между проводами, кабелями и трубой заделываем материалом, который не горит и легко удаляется. Это обеспечивает пожарную безопасность и предотвратит возгорание, если в зазоры попадет огонь.

В однофазных сетях мы выбираем трехпроводную систему. Согласно пункту 2.1.31 из Правил устройства электроустановок (ПУЭ), проводка должна быть устроена таким образом, чтобы легко идентифицировать проводники на всей их длине. Для этого мы используем следующую цветовую кодировку: голубой цвет для нулевого рабочего проводника, желто-зеленый цвет для нулевого защитного проводника, а черный, коричневый, красный, фиолетовый, серый, белый и оранжевый цвета для фазных проводников.

Нормы освещенности в помещениях принимаем в соответствии с нормативами. Система освещения в здании – общая равномерная. Виды освещения: рабочее и аварийное.

Напряжение сети рабочего и аварийного освещения в соответствии с категорией помещения – 220 В.

Электрооборудование, электроустановочные изделия выбираем по Российскому сертификату соответствия, а кабельную продукцию, согласно сертификату соответствия в области пожарной безопасности.

3 Практическая часть

3.1 Расчет силовой нагрузки сети

На рисунках 3.1 и 3.2 представлены планы силовых сетей здания центра.

Определяя нагрузку, которую создает группа электроприемников, подключенных к силовому щиту, мы ставим перед собой задачу выбора правильного сечения проводов и коммутационно-защитной аппаратуры для этой группы.

Таблица 3.1 – Расчет силовой нагрузки

№ группы	Наименование ЭП	Количество ЭП, шт	Мощность одного ЭП, кВт	Расчетная мощность, кВт	Расчетный ток, А
1	2	3	4	6	8
ЩР – 1					
Гр. 1.1	роз. гр. пом. № 14	4	0,1	0,4	1,91
Гр. 1.2	роз. гр. пом. № 2,12,13	6	0,1	0,6	2,87
Гр. 1.3	роз. гр. пом. № 1,15,16	6	0,1	0,6	2,87
Гр. 1.4	роз. гр. пом. № 5,6,7	6	0,1	0,6	2,87
Гр. 1.5	роз. гр. пом. № 3,4	6	0,1	0,6	2,87
	водонагреватель	1	1	1,0	4,78
ЩР – 2					
Гр. 2.1	роз. гр. пом. № 14-16	7	0,1	0,7	3,35
Гр. 2.2	роз. гр. пом. 6,11-13	8	0,1	0,8	3,83
Гр. 2.3	роз. гр. пом. № 8-10	8	0,1	0,8	3,83
Гр. 2.4	роз. гр. пом. № 17-19	7	0,1	0,7	3,35
Гр. 2.5	роз. гр. пом. № 20-22	7	0,1	0,7	3,35
Гр. 2.5.1	роз. гр. пом. № 23-25	6	0,1	0,6	2,87
Гр. 2.6	роз. гр. пом. № 26-28	6	0,1	0,6	2,87
Гр. 2.7	роз. гр. пом. № 29,30	4	0,1	0,4	1,91
Гр. 2.8	роз. гр. пом. № 33	2	0,1	0,2	0,96
Гр. 2.9	роз. водонагр. пом. № 31	1	1	1,0	4,78

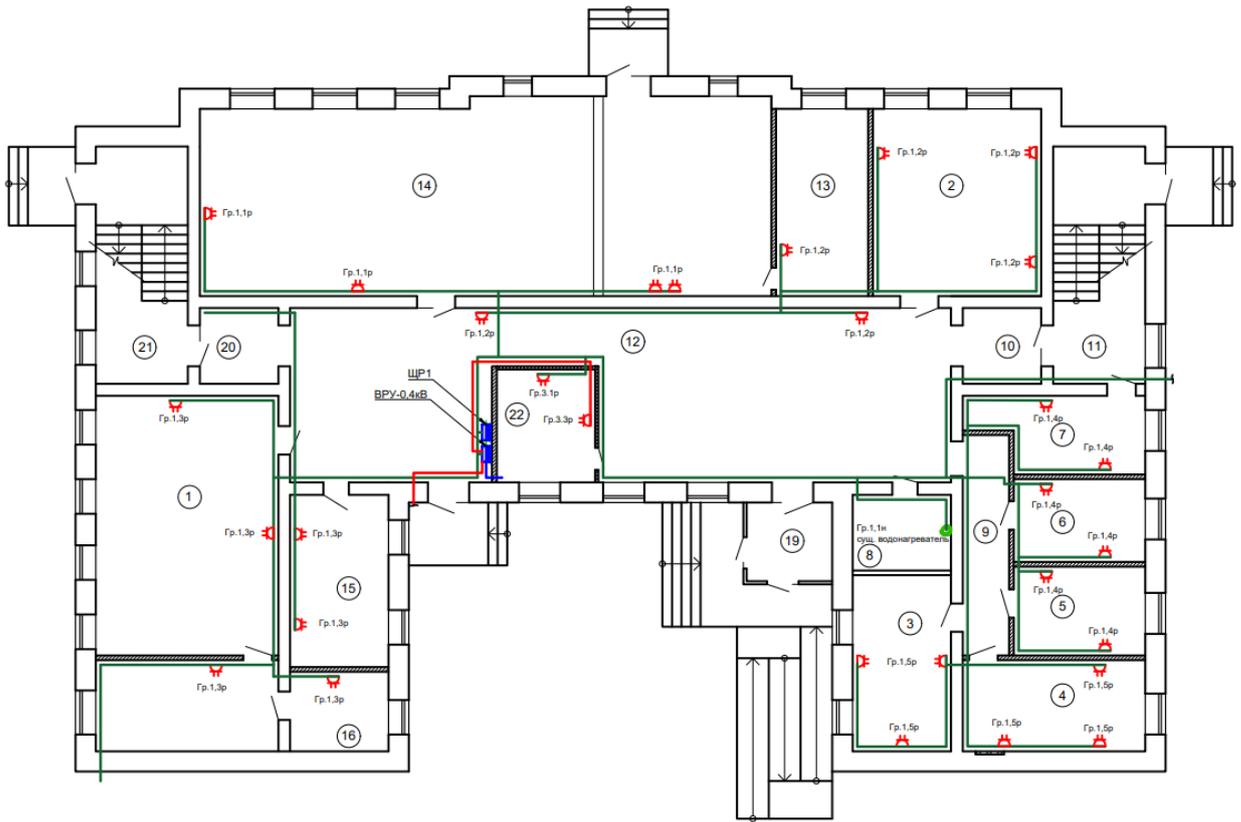


Рисунок 3.1 – Электрооборудование 1-го этажа

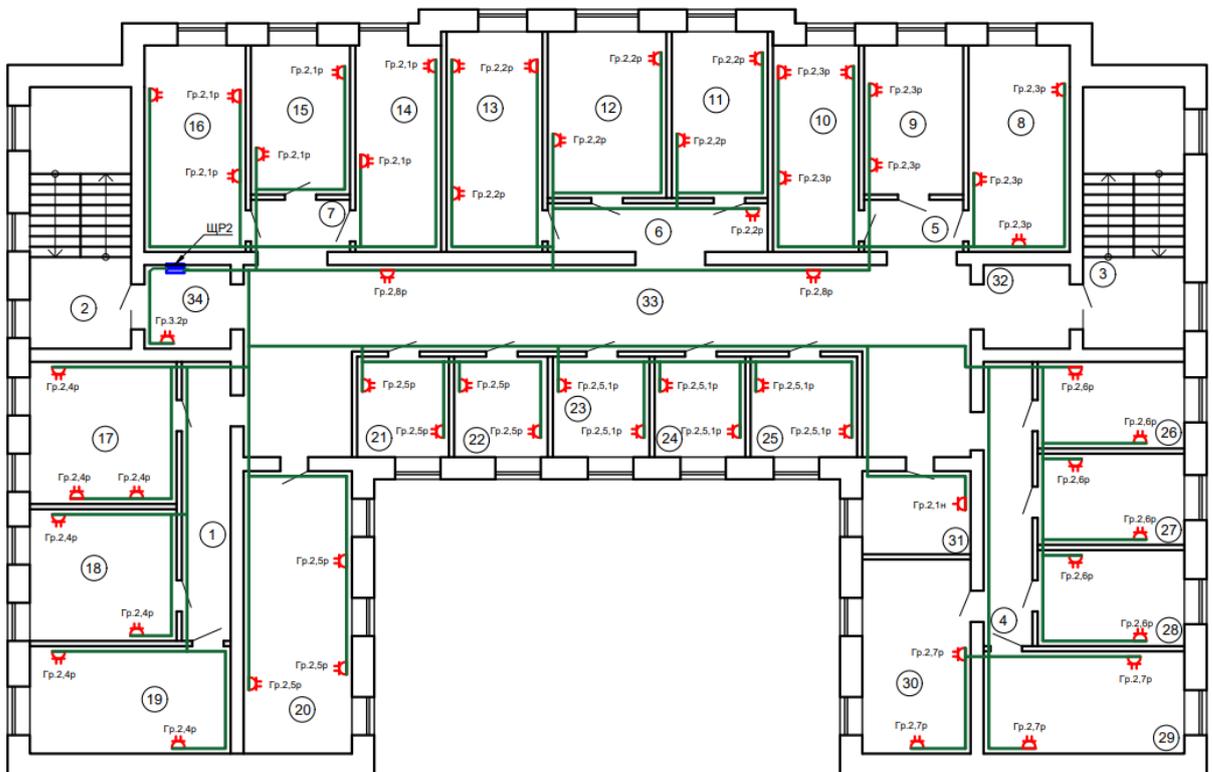


Рисунок 3.2 – Электрооборудование 2-го этажа

3.2 Светотехнический расчет освещения

Выполняем расчеты для рабочего и аварийного освещения здания центра. Рабочее освещение организовываем во всех помещениях. Светильники аварийного освещения выбираем из той же серии, что и светильники рабочего освещения. Они имеют отличительный знак, легко идентифицировать их как аварийные светильники. Кроме того, эти светильники запитываем от щитков аварийного освещения, что обеспечивает независимое электропитание при аварийных ситуациях.

Принимаем освещенность помещений в соответствии со стандартами СП 52.1333.2016 [11] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [14]. Светильники для различных помещений будут выбраны в соответствии с их назначением и условиями эксплуатации.

Для освещения коридоров, кабинетов, тамбуров и бытовых помещений мы будем использовать светодиодные светильники типа «ВАРТОН» А070 мощностью 30 Вт. Для санузлов мы выберем светильники серии Navigator NBL-P-LED мощностью 18 Вт.

Для светотехнического расчета системы освещения здания центра применяем метод коэффициента использования светового потока. Рекомендации по проектированию систем освещения возьмем из СП 256.1325800.2016 [10] и СП 52.13330.2016 [11] с учетом ГОСТ Р 55710-20 [3].

Согласно ПУЭ, высота рабочей поверхности $h_p =$ от 0,8 до 1 м.

Высота расчётной поверхности $h_p = 0,8$ м, расстояние от перекрытия до светильника $h_c = 0,05$ м.

Расстояние от светильников до рабочей поверхности (расчетная высота):

$$h = H - h_c - h_p = 3 - 0,05 - 0,8 = 2,15 \text{ м.} \quad (3.1)$$

$\lambda_{\Delta} = L/h$ – расстояние между светильниками к расчётной высоте.

Принимаем $\lambda_{\Delta} = 0,9$ для светильников светодиодного типа.

$$L_A = \lambda_{\Delta} \cdot h = 0,9 \cdot 2,15 = 1,935 \text{ м.} \quad (3.2)$$

Количество светильников в ряду:

$$n = \frac{A}{L_A} = \frac{5,8}{1,935} = 2,99 = 3 \quad (3.3)$$

Определим расстояние от стены до светильника:

$$l_A = \frac{A - L_A(n - 1)}{2} = \frac{5,8 - 1,935(3 - 1)}{2} = 0,97 \text{ м.} \quad (3.4)$$

Принимаем число рядов $m = 4$, тогда расстояние между рядами:

$$L_B = \frac{B}{m} = \frac{7,1}{4} = 1,78 \text{ м.} \quad (3.5)$$

Расстояние от крайнего ряда до стены:

$$l_B = \frac{B - L_B(m - 1)}{2} = \frac{7,1 - 1,78(4 - 1)}{2} = 0,88 \text{ м.} \quad (3.6)$$

Вычисляем общее количество светильников в цеху:

$$N = n \cdot m = 3 \cdot 4 = 12 \text{ шт.} \quad (3.7)$$

Проверим выполнение условия:

$$L_A/L_B < 1,5 \quad (3.8)$$

$$\frac{L_A}{L_B} = \frac{1,935}{1,78} = 1,09 < 1,5$$

В таблицах 3.2 и 3.3 произведены дальнейшие расчеты светильников.

Таблица 3.2 – Расчет рабочего освещения на первом этаже

Номер на плане	Наименование помещения	Размеры, м			hp, м	hc, м	h, м	Тип светильника	λэ	Кривая силы света	LA, м	n	lA, м	LB, м	m	lB, м	N	LA/LB ≤1,5
		A	B	H														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Кабинет	5,8	7,1	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	0,97	1,78	4	0,88	12	1,1
2	Кабинет	6,9	4,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,52	2,2	2	1,1	6	0,9
3	Кабинет	6,7	2,6	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,42	1,3	2	0,65	6	1,5
4	Кабинет	6,7	2,5	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,42	1,25	2	0,63	6	1,5
5	Кабинет	5,7	2	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	0,92	2	1	1	3	1
6	Кабинет	5,6	2	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	0,87	2	1	1	3	1
7	Кабинет	6,7	1,8	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,42	1,8	1	0,9	3	1,1
8	Туалет	2,8	2,6	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	1	1,4	2,6	1	1,3	1	0,7
9	Коридор	6	1,7	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,07	1,7	1	0,85	3	1,1
10	Коридор	2,1	2	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	1	1,05	2	1	1	1	1
11	Лестница (с учетом тамбура)	9,9	2,1	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A220	0,9	Д	1,935	2	3,98	2,1	1	1,05	2	0,9
12	Коридор	24,4	3,9	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	7	6,4	1,95	2	0,98	19	1
13	Подсобное	6,9	2,5	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон basic"	0,9	Д	1,935	2	1,52	2,5	1	1,25	2	0,8
14	Актовый зал	6,9	15,8	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,52	3,16	5	1,58	21	0,6
15	Кабинет	6,5	2,5	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,32	1,25	2	0,63	6	1,5
16	Кабинет	3,3	2,5	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон basic"	0,9	Д	1,935	1	1,65	1,25	2	0,63	2	1,5
17	Кабинет	6,7	2,5	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон basic"	0,9	Д	1,935	2	1,42	2,5	1	1,25	2	0,8
19	Тамбур	3	2,4	3	0,8	0,05	2,15	NBL-P 1x18	0,9	Д	1,935	2	0,53	2,4	1	1,2	2	0,8
20	Коридор	2,1	2	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	1	1,05	2	1	1	1	1
21	Лестница	9,9	2,1	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A220	0,9	Д	1,935	2	3,98	2,1	1	1,05	2	0,9
22	Тех. помещение	3,2	3	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	0,63	3	1	1,5	2	0,6

Таблица 3.3 – Расчет рабочего освещения на втором этаже

Номер по плану	Наименование помещения	Размеры, м			h _р , м	h _с , м	h, м	Тип светильника	λэ	Кривая силы света	L _A , м	n	l _A , м	L _B , м	m	l _B , м	N	L _A /L _B ≤1,5
		A	B	H														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Коридор	6	1,7	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,07	1,7	1	0,86	3	1,1
2	Лестница	9,6	2,1	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" S070	0,9	Д	1,935	2	3,83	2,1	1	1,05	1	0,9
3	Лестница	9,6	2,1	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" S070	0,9	Д	1,935	2	3,83	2,1	1	1,05	1	0,9
4	Коридор	6	1,7	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,07	1,7	1	0,86	3	1,1
5	Коридор	1,25	2,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	1	0,63	2,4	1	1,2	1	0,8
6	Коридор	4,4	1,8	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	1,23	1,8	1	0,9	2	1,1
7	Коридор	1,25	2,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	1	0,63	2,4	1	1,2	1	0,8
8	Кабинет	6,9	2,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,52	1,2	2	0,6	6	1,5
9	Кабинет	5,7	2,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	0,92	2,4	1	1,2	3	0,8
10	Кабинет	6,9	2,2	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,52	1,1	2	0,55	6	1,8
11	Кабинет	5,1	2,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	0,62	2,4	1	1,2	3	0,8
12	Кабинет	5,1	2,3	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	0,62	1,2	2	0,58	4	1,5
13	Кабинет	6,9	2,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,52	1,2	2	0,6	6	1,5
14	Кабинет	6,9	2,2	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,52	1,1	2	0,55	6	1,5
15	Кабинет	5,7	2,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	0,92	2,4	1	1,2	3	0,8
16	Кабинет	6,9	2,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,52	1,2	2	0,6	6	1,5
17	Кабинет	5	3,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	1,53	1,7	2	0,86	4	1,1
18	Кабинет	5	3,1	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	1,53	1,6	2	0,78	4	1,2
19	Кабинет	6,7	2,5	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,42	1,3	2	0,63	6	1,5
20	Кабинет	10,5	2,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	4	2,35	1,2	2	0,6	8	1,5
21	Кабинет	2,4	2,9	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	0,23	2,9	1	1,45	2	0,7
22	Кабинет	2,4	2,9	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	0,23	2,9	1	1,45	2	0,7
23	Кабинет	2,4	3,1	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	0,23	3,1	1	1,55	2	0,6
24	Кабинет	2,4	2,8	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	0,23	2,8	1	1,4	2	0,7
25	Кабинет	2,4	3,4	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	2	0,23	3,4	1	1,7	2	0,6
26	Кабинет	5	2,2	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,53	2,2	1	1,1	3	0,9
27	Кабинет	5	2,1	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,53	2,1	1	1,05	3	0,9
28	Кабинет	5	2,3	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,53	2,3	1	1,15	3	0,8
29	Кабинет	6,7	2,5	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,42	1,3	2	0,63	6	1,5
30	Кабинет	6,7	2,5	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	3	1,42	1,3	2	0,63	6	1,5
31	Туалет	2,7	2,5	3	0,8	0,05	2,15	NBL-P 1x18	0,9	Д	1,935	2	0,38	2,5	1	1,25	2	0,8
32	Тамбур	2,1	2	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	1	1,05	2	1	1	1	1
33	Коридор	24,4	2,6	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	5	8,33	2,6	1	1,3	9	0,7
34	Коридор	2,1	2	3	0,8	0,05	2,15	"Варгон" A070	0,9	Д	1,935	1	1,05	2	1	1	1	1

$$\Phi = \frac{E_H \cdot K_{\text{зап}} \cdot A \cdot B \cdot z}{\eta \cdot N} \quad (3.9)$$

где E_H – норма освещенности;

$K_{\text{зап}} = 1,5$ – коэффициент запаса для светодиодных светильников,

$z = E_{\text{ср}}/E_H$ – коэффициент минимальной освещенности (для светодиодных светильников $z = 1,1$),

N – число светильников,

η – коэффициент использования светового потока источника света, доли единиц.

По значению Φ выбирается стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения на $-10\% \dots +20\%$.

Коэффициент использования светового потока является функцией индекса помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} \quad (3.10)$$

$$i = \frac{5,8 \cdot 7,1}{3 \cdot (5,8+7,1)} = 1,1$$

Тогда коэффициент использования светового потока для светодиодных светильников:

$$\eta = 0,42.$$

Норма освещенности для общественных помещений при системе общего освещения:

$$E_H = 300 \text{ лк}$$

Тогда по формуле световой поток одной лампы:

$$\Phi_P = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot (5,8 \cdot 7,1) \cdot 1,1}{12 \cdot 0,42} = 4044 \text{ лм.} \quad (3.11)$$

Выбираем светодиодный светильник "ВАРТОН" S070 мощностью 30 Вт со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 4000$ лм.

Отклонение светового потока определяется по формуле:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{НОМ}} - \Phi_P}{\Phi_P} \cdot 100\% = \frac{4000 - 4044}{4000} \cdot 100\% = -1,1\%. \quad (3.12)$$

Различие между $\Phi_{\text{НОМ}}$ и Φ_P находится в допустимых пределах $-10\% \dots +20\%$.

Таблица 3.4 – Продолжение расчета освещения 1-го этажа

Номер по плану	Наименование помещения	i	η	Ен, лк	Кзап	z	Фр, лм	Число ламп в светильнике	Тип лампы	Световой поток одной лампы ФЛ, лм	Световой поток светильника ФСВ, лм	Отклонение ΔФ -10...+20%	Мощность одной лампы, Вт	Мощность светильника, Вт
1	2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Этаж № 1														
1	Кабинет	1,1	0,42	300	1,5	1,1	4044	4	A070	1000	4000	-1,1	5	30
2	Кабинет	0,9	0,49	300	1,5	1,1	4111	4	A070	1000	4000	-2,8	5	30
3	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4091	4	A070	1000	4000	-2,3	5	30
4	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4118	4	A070	1000	4000	-3	5	30
5	Кабинет	0,5	0,27	300	1,5	1,1	4266	4	A070	1000	4000	-1,7	5	30
6	Кабинет	0,5	0,27	300	1,5	1,1	4144	4	A070	1000	4000	-3,6	5	30
7	Кабинет	0,5	0,27	300	1,5	1,1	4170	4	A070	1000	4000	-4,3	5	30
8	Туалет	0,5	0,27	50	1,5	1,15	3524	4	A070	1000	4000	11,9	5	30
9	Коридор	0,4	0,22	100	1,5	1,1	3550	4	A070	1000	4000	11,3	5	30
10	Коридор	0,4	0,22	100	1,5	1,1	3650	4	A070	1000	4000	8,8	5	30
11	Лестница (с учетом тамбура)	0,6	0,32	100	1,5	1,1	4060	1	A220	1000	4000	-1,5	5	30
12	Коридор	1,1	0,42	100	1,5	1,1	3968	4	A070	1000	4000	0,8	5	30
13	Подсобное	0,6	0,32	100	1,5	1,1	5447	1	«Basic»	5700	5700	4,4	60	60
14	Актовый зал	1,6	0,61	400	1,5	1,1	3712	4	A070	1000	4000	7,2	5	30
15	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	3889	4	A070	1000	4000	2,8	5	30
16	Кабинет	0,5	0,27	300	1,5	1,1	5562	1	«Basic»	5700	5700	2,4	60	60
17	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4955	1	«Basic»	5700	5700	13,1	60	60
19	Тамбур	0,4	0,22	100	1,5	1,1	2500	1	NBL-P	2400	2400	-4,2	18	18
20	Коридор	0,4	0,22	100	1,5	1,1	3850	4	A070	1000	4000	3,8	5	30
21	Лестница	0,6	0,32	100	1,5	1,1	4159	4	A070	1000	4000	-3,9	5	30
22	Тех. помещение	0,5	0,27	100	1,5	1,1	3933	1	A220	1000	4000	1,7	5	30

Таблица 3.5 – Продолжение расчета освещения 2-го этажа

Номер по плану	Наименование помещения	i	η	Ен, лк	Кзап	z	Фр, лм	Число ламп в светильнике	Тип лампы	Световой поток одной лампы ФЛ, лм	Световой поток светильника ФСВ, лм	Отклонение ΔФ -10...+20%	Мощность одной лампы, Вт	Мощность светильника, Вт
1	2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Этаж № 2														
1	Коридор	0,4	0,22	100	1,5	1,1	3550	4	A070	1000	4000	11,3	5	30
2	Лестница	0,6	0,32	100	1,5	1,1	3935	1	S070	1000	4000	1,6	30	30
3	Лестница	0,6	0,32	100	1,5	1,1	3935	1	S070	1000	4000	1,6	30	30
4	Коридор	0,4	0,22	100	1,5	1,1	3550	4	A070	1000	4000	11,3	5	30
5	Коридор	0,4	0,22	100	1,5	1,1	3546	4	A070	1000	4000	11,4	5	30
6	Коридор	0,6	0,32	100	1,5	1,1	4041	4	A070	1000	4000	-1	5	30
7	Коридор	0,6	0,32	100	1,5	1,1	3546	4	A070	1000	4000	11,4	5	30
8	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4269	4	A070	1000	4000	-6,7	5	30
9	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4053	4	A070	1000	4000	-1,3	5	30
10	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	3913	4	A070	1000	4000	2,2	5	30
11	Кабинет	0,5	0,27	300	1,5	1,1	4180	4	A070	1000	4000	-4,5	5	30
12	Кабинет	0,5	0,27	300	1,5	1,1	4276	4	A070	1000	4000	-6,9	5	30
13	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4269	4	A070	1000	4000	-6,7	5	30
14	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	3913	4	A070	1000	4000	2,2	5	30
15	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4053	4	A070	1000	4000	-1,3	5	30
16	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4269	4	A070	1000	4000	-6,7	5	30
17	Кабинет	0,7	0,38	300	1,5	1,1	4236	4	A070	1000	4000	-6	5	30
18	Кабинет	0,7	0,38	300	1,5	1,1	4047	4	A070	1000	4000	-1,2	5	30
19	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4218	4	A070	1000	4000	-5,5	5	30
20	Кабинет	0,7	0,38	300	1,5	1,1	4103	4	A070	1000	4000	-2,6	5	30
21	Кабинет	0,4	0,22	300	1,5	1,1	4130	4	A070	1000	4000	-3,6	5	30
22	Кабинет	0,4	0,22	300	1,5	1,1	4130	4	A070	1000	4000	-3,6	5	30
23	Кабинет	0,4	0,22	300	1,5	1,1	4270	4	A070	1000	4000	-6,8	5	30
24	Кабинет	0,4	0,22	300	1,5	1,1	4260	4	A070	1000	4000	-6,5	5	30
25	Кабинет	0,4	0,22	300	1,5	1,1	4180	4	A070	1000	4000	-4,5	5	30
26	Кабинет	0,5	0,27	300	1,5	1,1	3722	4	A070	1000	4000	7	5	30
27	Кабинет	0,5	0,27	300	1,5	1,1	3616	4	A070	1000	4000	9,6	5	30
28	Кабинет	0,5	0,27	300	1,5	1,1	4027	4	A070	1000	4000	-0,7	5	30
29	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4118	4	A070	1000	4000	-2,9	5	30
30	Кабинет	0,6	0,32	300	1,5	1,1	4118	4	A070	1000	4000	-2,9	5	30
31	Туалет	0,4	0,22	50	1,5	1,15	2365	1	NBL-P	2400	2400	1,5	18	18
32	Тамбур	0,4	0,22	100	1,5	1,1	3450	4	A070	1000	4000	13,8	5	30
33	Коридор	0,8	0,43	100	1,5	1,1	3704	4	A070	1000	4000	7,4	5	30
34	Коридор	0,4	0,22	100	1,5	1,1	3450	4	A070	1000	4000	13,8	5	30

Берем светильники для аварийного (эвакуационного освещения) из той же группы светильников, так как каждый из них имеет блок бесперебойного питания, который обеспечивает автономное питание, так что они будут гореть при отключении основного источника питания.

Для определения мощности освещения вычисляем активную и реактивную нагрузки, а также общую суммарную мощность освещения (см. Таблицу 3.6) с использованием следующих формул.

Мощность освещения:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2} \quad (3.13)$$

где активная мощность:

$$P_{\text{осв}} = N \cdot P_{\text{ном}} \cdot K_c \cdot K_{\text{пра}}, \quad (3.14)$$

где N – количество ламп;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность светильника, кВт;

K_c – коэффициент спроса, для общественных зданий принимается 0,8;

$K_{\text{пра}}$ – коэффициент пускорегулирующей аппаратуры, для светодиодных ламп $K_{\text{пра}} = 1$;

Реактивная нагрузка осветительной сети:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.15)$$

где коэффициент мощности для светодиодных ламп $\cos \varphi_{\text{сл}} = 0,9$.

Таблица 3.6 – Расчет нагрузки выбранных светильников

Номер по плану	Наименование помещения	N	P _{ном} , кВт	K _c	P _{осв} , кВт	cos φ	tgφ	Q _{осв} , кВт	S _{осв} , КВА
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
Этаж № 1									
1	Кабинет	12	0,03	0,8	0,37	0,9	0,48	0,18	0,41
2	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
3	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
4	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
5	Кабинет	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
6	Кабинет	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
7	Кабинет	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
8	Туалет	1	0,03	0,8	0,031	0,9	0,48	0,015	0,034
9	Коридор	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
10	Коридор	1	0,03	0,8	0,031	0,9	0,48	0,015	0,034
11	Лестница (с учетом тамбура)	2	0,03	0,8	0,06	0,9	0,48	0,03	0,07
12	Коридор	19	0,03	0,8	0,6	0,9	0,48	0,29	0,67

Окончание таблицы 3.6

13	Подсобное	2	0,06	0,8	0,12	0,9	0,48	0,06	0,13
14	Актный зал	21	0,03	0,8	0,66	0,9	0,48	0,32	0,73
15	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
16	Кабинет	2	0,06	0,8	0,12	0,9	0,48	0,06	0,13
17	Кабинет	2	0,06	0,8	0,12	0,9	0,48	0,06	0,13
19	Тамбур	2	0,018	0,8	0,037	0,9	0,48	0,018	0,04
20	Коридор	1	0,03	0,8	0,031	0,9	0,48	0,015	0,034
21	Лестница	2	0,03	0,8	0,06	0,9	0,48	0,03	0,07
22	Тех. помещение	2	0,03	0,8	0,06	0,9	0,48	0,03	0,07
Этаж № 2									
1	Коридор	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
2	Лестница	1	0,03	0,8	0,031	0,9	0,48	0,015	0,034
3	Лестница	1	0,03	0,8	0,031	0,9	0,48	0,015	0,034
4	Коридор	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
5	Коридор	1	0,03	0,8	0,031	0,9	0,48	0,015	0,034
6	Коридор	2	0,03	0,8	0,06	0,9	0,48	0,03	0,07
7	Коридор	1	0,03	0,8	0,031	0,9	0,48	0,015	0,034
8	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
9	Кабинет	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
10	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
11	Кабинет	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
12	Кабинет	4	0,03	0,8	0,12	0,9	0,48	0,06	0,13
13	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
14	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
15	Кабинет	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
16	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
17	Кабинет	4	0,03	0,8	0,12	0,9	0,48	0,06	0,13
18	Кабинет	4	0,03	0,8	0,12	0,9	0,48	0,06	0,13
19	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
20	Кабинет	8	0,03	0,8	0,25	0,9	0,48	0,12	0,28
21	Кабинет	2	0,03	0,8	0,06	0,9	0,48	0,03	0,07
22	Кабинет	2	0,03	0,8	0,06	0,9	0,48	0,03	0,07
23	Кабинет	2	0,03	0,8	0,06	0,9	0,48	0,03	0,07
24	Кабинет	2	0,03	0,8	0,06	0,9	0,48	0,03	0,07
25	Кабинет	2	0,03	0,8	0,06	0,9	0,48	0,03	0,07
26	Кабинет	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
27	Кабинет	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
28	Кабинет	3	0,03	0,8	0,09	0,9	0,48	0,04	0,09
29	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
30	Кабинет	6	0,03	0,8	0,19	0,9	0,48	0,09	0,21
31	Туалет	2	0,018	0,8	0,037	0,9	0,48	0,018	0,04
32	Тамбур	1	0,03	0,8	0,031	0,9	0,48	0,015	0,034
33	Коридор	9	0,03	0,8	0,28	0,9	0,48	0,13	0,31
34	Коридор	1	0,03	0,8	0,031	0,9	0,48	0,015	0,034

3.2.1 Электротехнический расчет освещения

С целью уменьшения потерь мощности и напряжения в проводе, а также для снижения возможного ущерба при отсутствии напряжения в одной из фаз, будет производиться распределение светильников по фазам по длине групповой линии. Для этого светильники в каждой линии будут располагаться по фазам в определенной последовательности: А-В-С-С-В-А-В-А-С и так далее, повторяя данный цикл.

Момент осветительной нагрузки определяем по выражению:

$$M = \sum P_i \cdot l_i \quad (3.16)$$

Потери напряжения в кабеле:

$$\Delta U = \frac{M_{\max}}{K_c \cdot S}, \quad (3.17)$$

где K_c – 72 для сети 380/220 В при медных проводниках, для трехфазной системы сети с нулем.

Для прокладки электрических сетей освещения принимаем медные кабели марки ВВГнг(А)-LSLTx трехжильные с негорючей оболочкой, практически не поддерживающей горение.

Максимальный расчетный ток в трехфазной сети, А:

$$I_{p o} = \frac{P_{p o}}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi}, \quad (3.18)$$

где $P_{p o}$ – расчетная нагрузка;

$U_{л}$ – напряжение на лампах, В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности ламп.

Если взять самую протяженную линию помещения №14 на уровне 1-го этажа, где сосредоточен 21 светильник в одну световую линию, то максимальный расчетный ток данного присоединения составит по формуле:

$$I_{p o} = \frac{0,63 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,9} = 1,84 \text{ А}$$

Принимаем кабель типа ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5 с сечением основной жилы $s = 1,5 \text{ мм}^2$ и допустимым током 10 А для групповой сети и на вводе в каждый ЩР-2 кабель типа ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5 с сечением основной жилы

$s = 2,5 \text{ мм}^2$ и допустимым током 16 А (максимальный ток на вводе в ЩР-2 при количестве групп до 8 составит не более $1,84 \cdot 8 = 6,72 \text{ А}$. Т.е. очевидно, что по нагреву условие выбора каждого кабеля будет выполняться для любого щитка, поскольку прослеживается запас по току.

Момент нагрузки для самой длинной линии коридора №12 1-го этажа в 24,4 м:

$$M = 24,4 \cdot 0,57 = 13,9 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Потери напряжения в кабеле, питающем самую нагруженную группу ЩР-2:

$$\Delta U = \frac{13,9}{72 \cdot 1,5} = 0,13 \%$$

Проверим потери напряжения в кабеле, питающем самый удаленный ЩР-2, которые составят

$$M_p = P_L \cdot N_{\text{Л.Р.}} \cdot \left(L_1 + \frac{L_2}{2} \right) \quad (3.19)$$

где $N_{\text{Л.Р.}}$ - число светильников в одном ряду;

P_L - мощность одного светильника;

L_1 - длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

L_2 - длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

Определяем максимальный момент нагрузки для одной фазы:

$$M_{\text{max}} = 0,03 \cdot 7 \cdot \left(12 + \frac{24}{2} \right) = 5,04 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Потери напряжения в кабеле, питающем самый нагруженный ЩО-2:

$$\Delta U = \frac{5,04}{72 \cdot 1,5} = 0,05 \%$$

Проверим суммарные потери напряжения в кабеле:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0,13 + 0,05 = 0,18 \% < 5 \%. \quad (3.20)$$

Условие выполняется. Выбор сечений кабельных линий, питающих ЩР, сведем в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Выбор сечений кабельных линий
распределительных щитов

№	РОСВ, кВт	I _p , А	Марка кабеля	I _{доп} , А	гуд.кл, Ом/км	худ.кл, Ом/км
ЩР-1	6,73	10,000	ВВГнг(А)-LSLTx 5x6	25	7,4	0,116
ЩР-2	9,93	10,000	ВВГнг(А)-LSLTx 5x6	25	7,4	0,116

Щитки выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого ЩР (таблица 3.8).

Вводной автомат ЩР-1 и ЩР-2: ВА 47-63, I_{ном} = 25 А;

Групповые автоматы отходящих линий ЩР-1 и ЩР-2: ВА 47-63, I_{ном} = 10 А, ВА 47-63, I_{ном} = 16 А.

Таблица 3.8 – Выбор распределительных щитов

Наименование	Расчетный ток, А	Тип СП	Допустимый ток, А	Количество присоединений к ЩР
ЩР-1	10,000	ЩР-1-1А-25-9 УХЛ4	25	9
ЩР-2	10,000	ЩР-1-1А-25-9 УХЛ4	25	9

Линии освещения от ЩР запитываем кабелем ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5, а линия силовой нагрузки запитываем кабелем ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5. На рисунках 3.4 и 3.5 изображены схемы электроосвещения.

Групповые сети освещения укладываем под слоем штукатурки вдоль стен помещений, а также за потолком и наружу по стенам и потолкам технических помещений. Групповые сети для рабочего и аварийного освещения прокладываем отдельными пучками или внутри труб.

В помещениях дошкольных образовательных учреждений, где находятся дети, такие как групповые комнаты, раздевалки, залы для занятий физкультурой и музыкой, кабинеты логопеда, психолога, медицинский кабинет, коридоры, туалеты, тамбуры, размещаем розетки, которые имеют защитные шторки, позволяющие закрыть отверстие при отсоединенной вилке. Выключатели устанавливаем на высоте не менее 1,8 метра от пола.

Розетки и выключатели в остальных помещениях размещаем на высоте, не превышающей 1 метр от пола. Расстояние от пола до нижней грани распределительного щита составляет 1,3 метра.

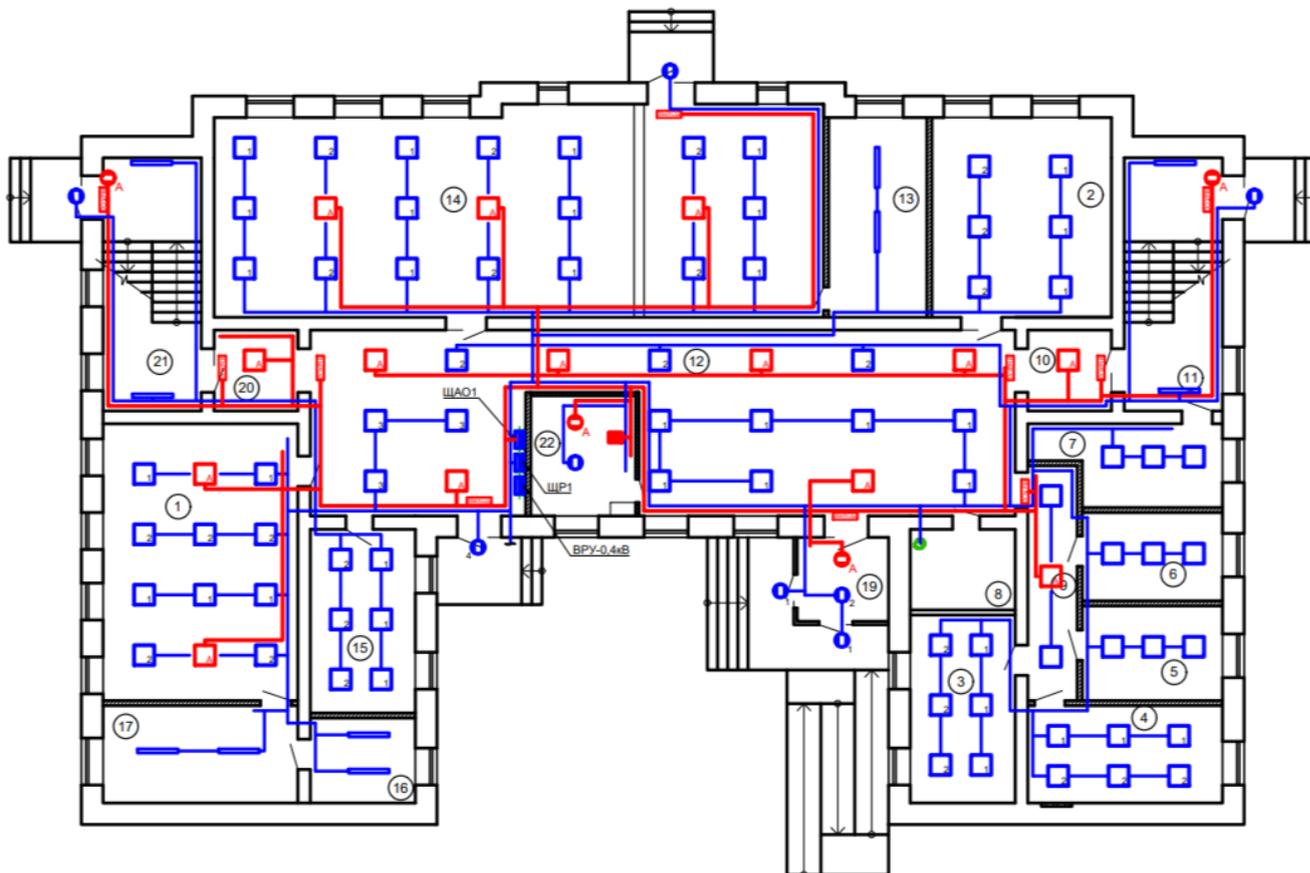


Рисунок 3.3 – Разводка освещения на первом этаже

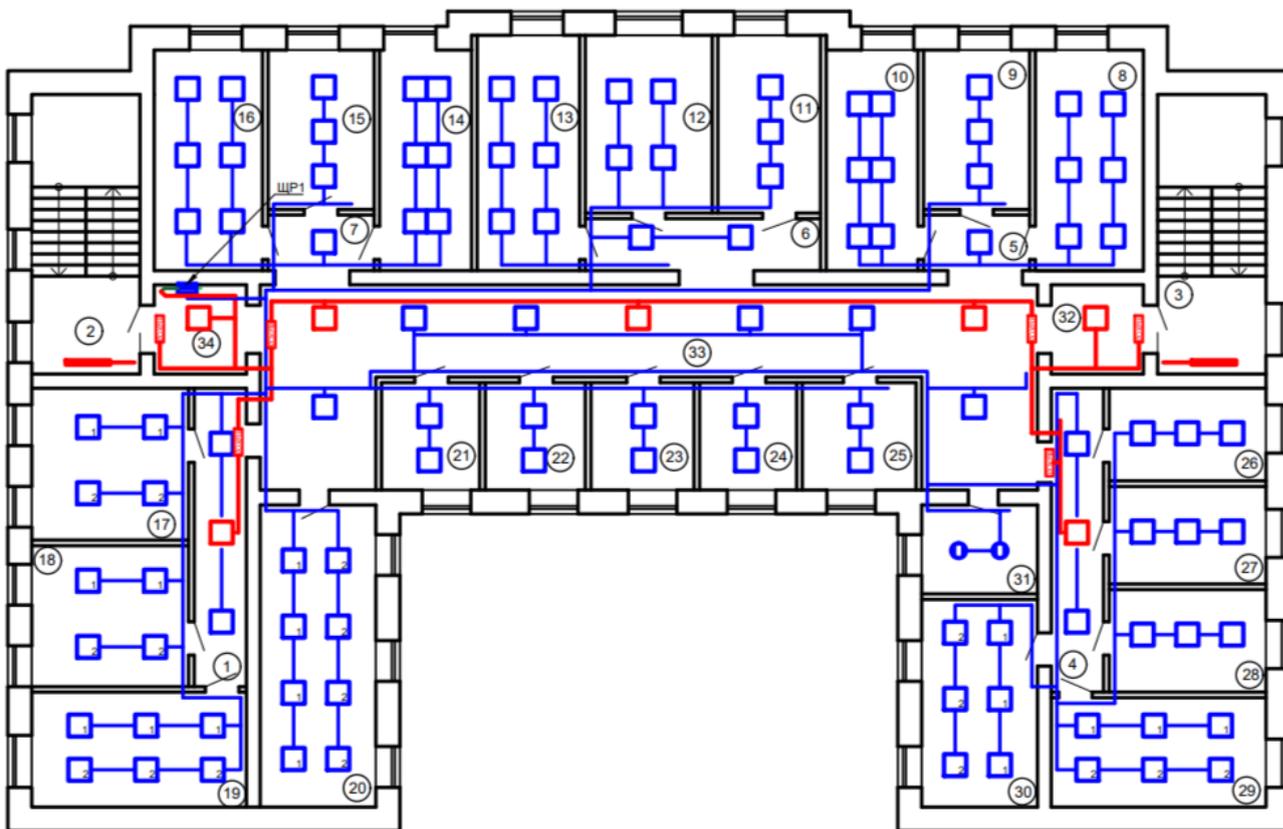


Рисунок 3.4 – Разводка освещения на втором этаже

3.3 Выбор и расстановка распределительных пунктов, кабельных линий и коммутационно-защитной аппаратуры

При выборе сечения кабелей учитываем условия нагрева, чтобы расчетный ток соответствовал допустимому току данного кабеля. работы по электропроводке и освещению выполняем совместно.

Таблица 3.9 – Выбор сечений кабельных линий, отходящих от ЩР

№ линии	Ip, А	Марка кабеля	Idоп, А	гуд.кл, Ом/км	худ.кл, Ом/км	Допустимый ток кабеля, А
1	2	3	4	5	6	7
ЩР-1						
Гр. 1.1	1,91	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 1.2	2,87	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 1.3	2,87	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 1.4	2,87	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 1.5	2,87	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9

Окончание таблицы 3.9

Осветительная нагрузка						
Пом. № 14	2,67	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. № 2, 13	1,44	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. № 1, 15-17	3,29	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. №12,19,22	2,30	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. № 3-8	3,59	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. № 11,21	0,75	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
ЩР-2						
Гр. 2.1	3,35	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 2.2	3,83	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 2.3	3,83	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 2.4	3,35	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 2.5	3,35	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 2.5.1	2,87	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 2.6	2,87	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 2.7	1,91	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 2.8	0,96	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Гр. 2.9	4,78	ВВГнг(А)-LSLTx 3x2,5	16	7,50	0,116	5,9
Осветительная нагрузка						
Пом. № 7,14-16	2,30	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. № 6,11-13	2,15	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. № 5, 8-10	2,30	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. №1, 17-20	3,44	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. №21,25-33	2,30	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
Пом. № 4, 26-31	3,47	ВВГнг(А)-LSLTx 3x1,5	10	12,1	0,126	4,6
ЩАО						
1 этаж №1,12,14,21,22	1,41	ВВГнг(А)-LSLTx 4x1,5	10	12,1	0,126	4,6
1 этаж №9-12,19	1,35	ВВГнг(А)-LSLTx 4x1,5	10	12,1	0,126	4,6
2 этаж №1,4-32,34	1,0	ВВГнг(А)-LSLTx 4x1,5	10	12,1	0,126	4,6

Таблица 3.10 – Выбор сечений кабельных линий для линий, питающих ЩР

Номер СП	Расчетный ток ЩР, А	Допустимый ток кабеля, А	Сечение основной жилы S, мм ²	Марка, сечение кабеля
1	2	3	4	5
ЩР-1	10,76	25	6	ВВГнг(А)-LSLTx 5x6
ЩР-2	15,88	25	6	ВВГнг(А)-LSLTx 5x6
ЩАО	1,26	16	4	ВВГнг(А)-LSLTx 5x4

Выбор автоматических выключателей для защиты ЩС и отходящих от них линий производим по следующим условиям:

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{\text{ном сети}}$$

где U_a – номинальное напряжение автомата, В.

Все выбираемые автоматы рассчитаны на напряжение 0,4-0,66 кВ.

б) по номинальному току (уставка теплового расцепителя), бездвигательная нагрузка (1,0):

$$I_{\text{расц}} \geq (1,0 - 1,1) \cdot I_M, \quad (3.21)$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq (1,0 - 1,1) \cdot I_M, \quad (3.22)$$

где $I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток автомата, А;

$I_{\text{расц}}$ - номинальный ток теплового расцепителя, А;

I_M - максимальный расчетный ток защищаемой линии.

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пик}}, \quad (3.23)$$

где $I_{\text{ном.то}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А:

$$I_{\text{ном.то}} = K_0 \cdot I_{\text{расц}}, \quad (3.24)$$

где кратность отсечки K_0 принимается из ряда 3, 5, 7, 10 для автоматов серии ВА.

Таблица 3.11 – Выбор защитных автоматов на ЩР

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{\text{ном. А}}$	Номинальный ток расцепителя, $I_{\text{расц}}$, А	Пиковый ток, $I_{\text{пик}}$, А	Расчетный ток отсечки, $1,2 \times I_{\text{пик}}$, А	Ко	Ином ток, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{\text{откл}}$, кА
ЩР-1	10,76	11,84	25	16	53,8	64,56	5	80	ВА47-63	6
ЩР-2	15,88	17,47	25	16	79,4	95,28	5	80	ВА47-63	6
ЩАО	1,26	1,39	16	10	6,3	7,56	5	80	ВА47-63	3

Таблица 3.12 – Выбор силовых распределительных пунктов

Наименование	Расчетный ток, А	Тип СП	Допустимый ток, А	Количество присоединений СП
ЩР-1	10,76	ПР11-3024-54УЗ	25	8
ЩР-2	15,88	ПР11-3024-54УЗ	25	8
ЩАО	1,26	ПР11-3014-54УЗ	16	8

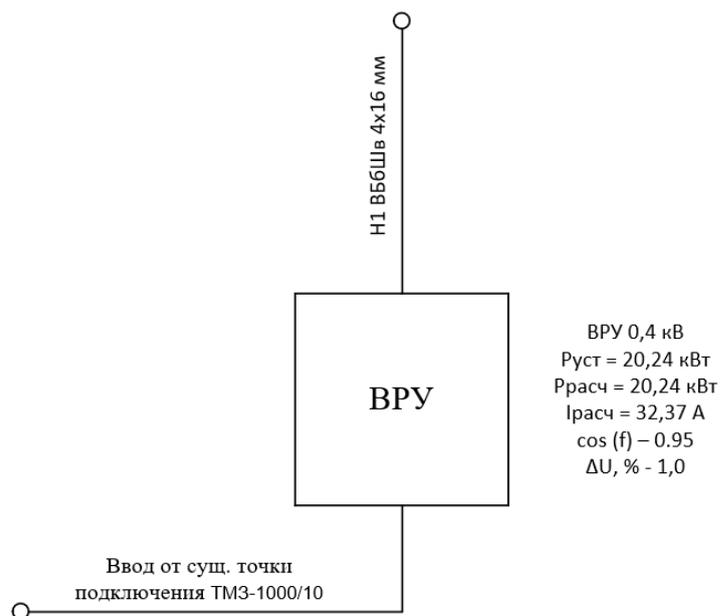


Рисунок 3.5 – Элементы вводного распределительного устройства

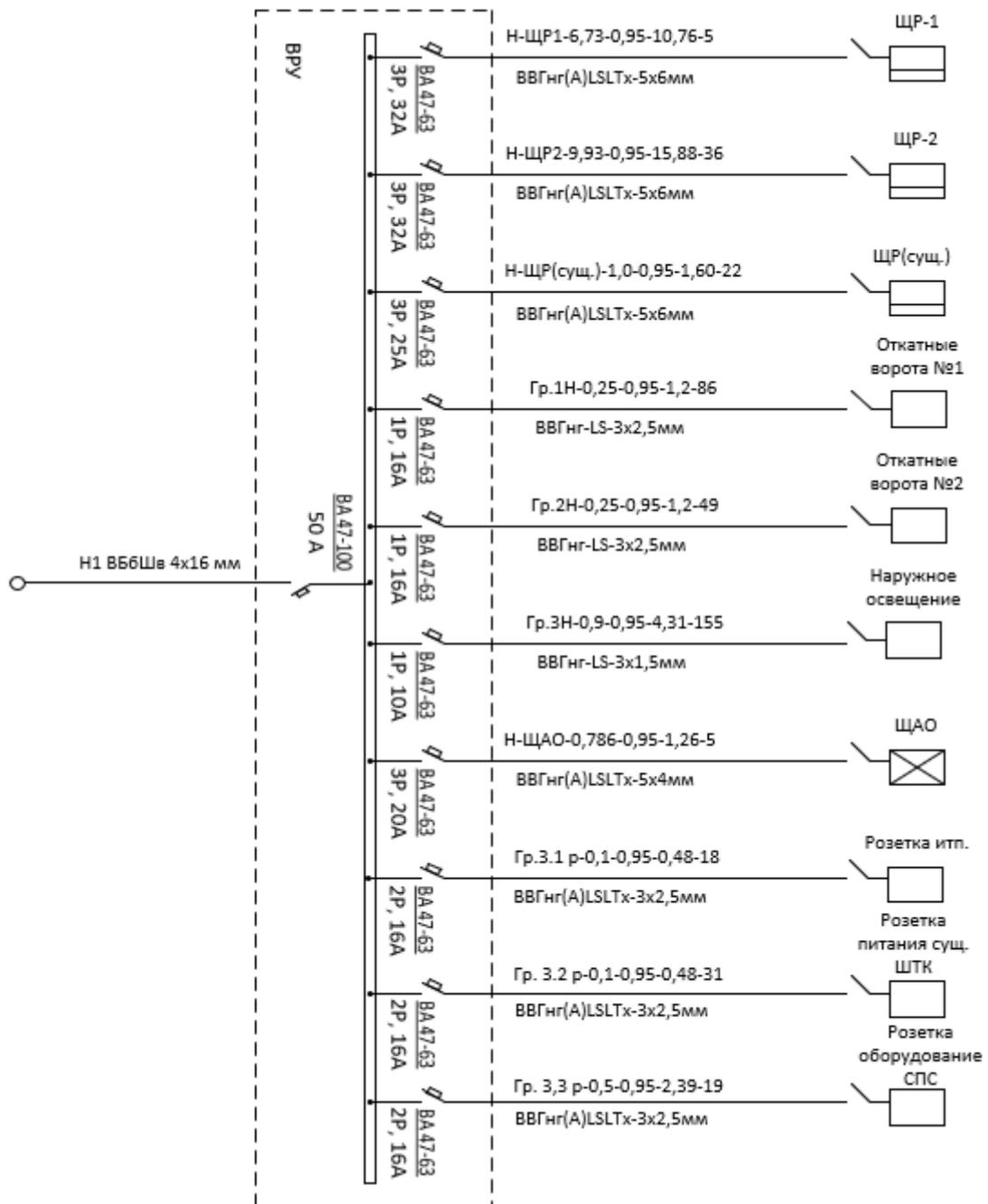


Рисунок 3.6 – Принципиальная схема распределительной сети объекта

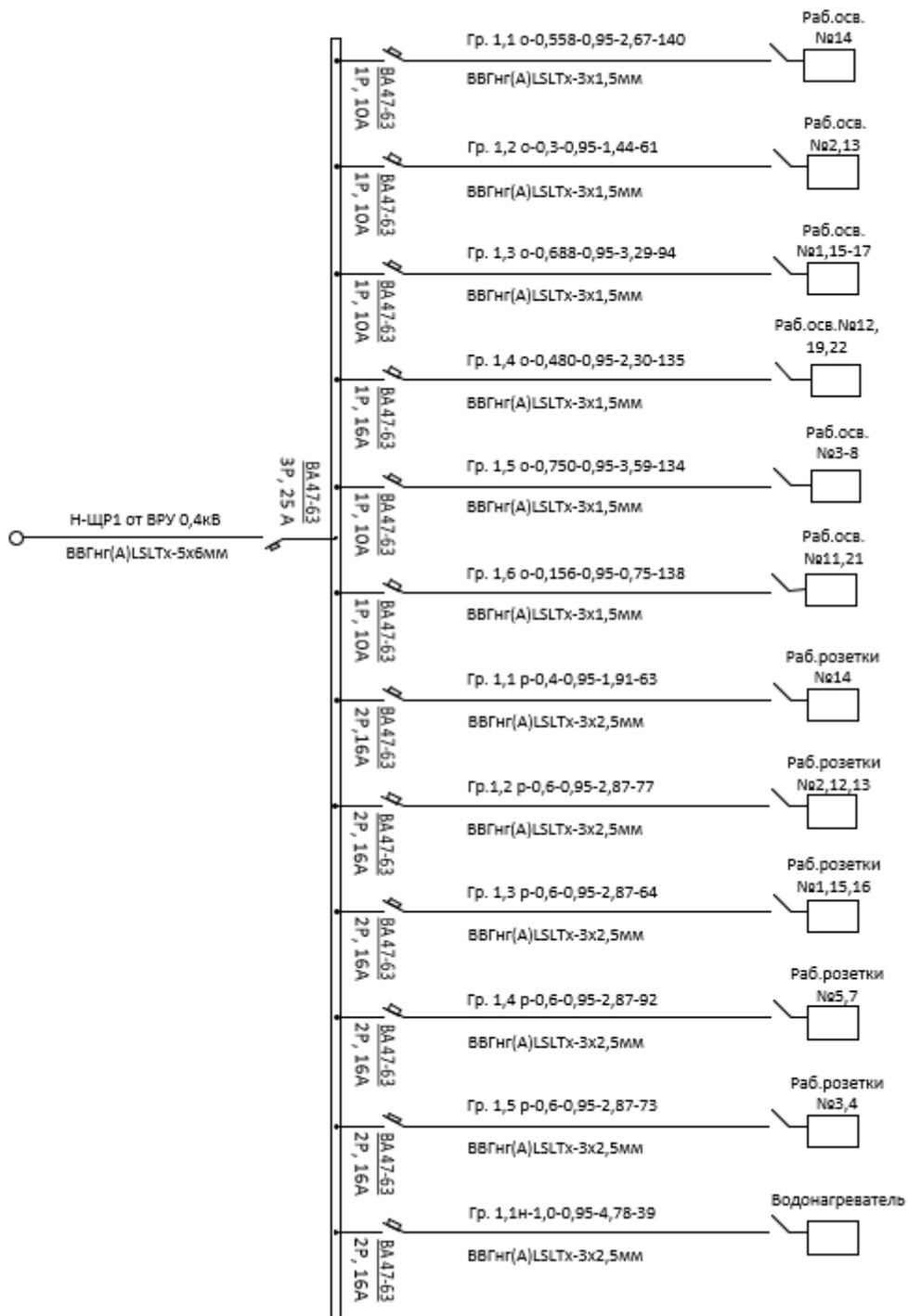


Рисунок 3.7 – Принципиальная схема распределительного щита №1

3.4 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания для напряжений ниже 1000 В, как правило, проводится в единицах тока. При этом также учитываем сопротивление дуги и трансформатора тока. Для этой цели добавляем дополнительное сопротивление на автоматах, величина которого будет зависеть от места возникновения короткого замыкания (см. рисунок 3.8).

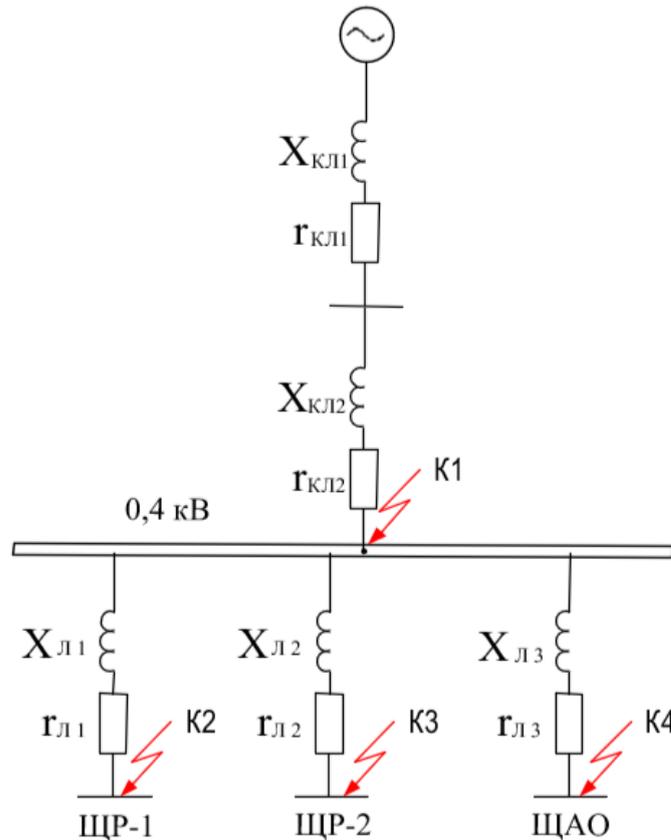


Рисунок 3.8 – Схема замещения тока трехфазного КЗ

Расчет тока трехфазного КЗ для точки К1:

Ввод в здание от ТП выполняется кабелем ВБбШв 4х16 длиной 67 м. По справочным данным удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление: $R_{уд.кл} = 0,16 \text{ Ом/км}$

Реактивное сопротивление: $X_{уд.кл} = 0,0675 \text{ Ом/км}$

$$R_{л} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.25)$$

$$R_{л} = 0,16 \cdot 67 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 10,72 \text{ мОм}$$

$$X_{л} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.26)$$

$$X_{л} = 0,0675 \cdot 67 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 4,52 \text{ мОм}$$

Аналогично для кабеля Л1 марки ВВГнг(А)-LSLTx 5x6 протяженностью $L_{л1}=5\text{м}$ по справочным данным удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление: $R_{уд.кл} = 3,09 \text{ Ом/км}$

Реактивное сопротивление: $X_{уд.кл} = 0,09 \text{ Ом/км}$

$$R_{л1} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.27)$$

$$R_{л1} = 3,09 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 15,45 \text{ мОм};$$

$$X_{л1} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.28)$$

$$X_{л1} = 0,09 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 0,45 \text{ мОм}.$$

В качестве сопротивления системы в данном случае будут являться сопротивления трансформатора типа ТМЗ-1000/10 ТП, т.к. для сетей 0,4 кВ именно такие трансформаторы являются источником питания, а питающая его линия и далее сопротивления верхних уровней электроснабжения оказывают малое влияние на величину тока к.з. в сети 0,4 кВ ввиду достаточно большой их электрической удаленности.

Таким образом, определяем сопротивления трансформатора по формулам:

$$r_{тр} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (3.29)$$

$$x_{тр} = \sqrt{\left(\frac{U_{к}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6 \quad (3.30)$$

$$r_{тр} = \frac{11,6}{1000} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 1,86 \text{ мОм};$$

$$x_{тр} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{11,6}{1000}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 8,6 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma КЗ} = x_{с} + x_{л} + x_{тр} = 8,344 + 3,25 + 8,6 = 20,19 \text{ мОм}. \quad (3.31)$$

Суммарное активное сопротивление, кроме сопротивлений элементов системы электроснабжения высшего напряжения и трансформатора, должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводим добавочное сопротивление, которое на силовых пунктах составляет 20 мОм:

$$r_{\Sigma K3} = r_{тр} + r_{л} + r_{доб} = 1,86 + 10,72 + 15,45 + 20 = 48,03 \text{ мОм.} \quad (3.32)$$

$$I_{K3} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma K4}^2 + r_{\Sigma K4}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{20,19^2 + 48,03^2}} = 4,43 \text{ кА,} \quad (3.33)$$

Таблица 3.13 – Расчет токов короткого замыкания

Точка КЗ	Rс, мОм	Xс, мОм	Rл, мОм	Xл, мОм	Руд.кл, мОм	Худ.кл, мОм/м	Лкл, м	Rлi, мОм	Xлi, мОм	Rдоб, мОм	Rсум, мОм	Xсум, мОм	Iк.з, кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
K2	1,86	8,6	10,72	4,52	3,09	0,09	5	15,45	0,45	20	48,03	20,19	4,43
K3	1,86	8,6	10,72	4,52	3,09	0,09	36	111,24	3,42	20	143,82	20,37	3,59
K4	1,86	8,6	10,72	4,52	4,63	0,095	5	23,15	0,48	20	55,73	17,42	2,66

3.5 Проверка элементов электрической сети к действию тока короткого замыкания

Проверим выключатели, защищающие кабельные линии напряжением 0,4 кВ. Проверку будем проводить по току КЗ (таблица 3.14):

$$I_{к.з.} \leq I_{пр.откл.},$$

где $I_{пр.откл.}$ – предельная отключающая способность.

Таблица 3.14 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

Щит	Точка к.з.	Iк.з., кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность, кА	Iк.з. ≤ Iпр. откл
1	2	3	4	5	6
ЩР-1	K2	4,43	ВА 47-63	6	Соответствует
ЩР-2	K3	3,59	ВА 47-63	6	Соответствует
ЩАО	K4	2,66	ВА 47-63	3	Соответствует

Выключатели прошли проверку отключающей способностью.

3.6 Расчет затрат на сооружение электрической сети

Капитальные затраты на сооружение складываются из затрат на:

- Распределительные пункты;
- Кабели, питающие отдельные электроприемники и ЩР;
- Коммутационно-защитные аппараты на 0,4 кВ.

Таблица 3.15 – Расчет стоимости распределительных щитов

Номер СП	Ip, А	Марка СП	Номинальный ток СП, А	Количество присоединений СП	Стоимость, руб
ЩР-1	10,76	ПР11-3024-54УЗ	25	8	13000
ЩР-2	15,88	ПР11-3024-54УЗ	25	8	13000
ЩАО	1,26	ПР11-3014-54УЗ	16	8	10000
Итого					36000

Стоимость кабельных линий (таблица 3.16) определяется как:

$$K_{кл} = \sum K_{кл\ i} \cdot L_i, \quad (3.34)$$

где, $K_{кл\ i}$ – стоимость 1 м кабеля, L_i – длина кабеля.

Таблица 3.16 – Расчет стоимости кабелей

№ п/п	Сечение кабеля	L, м	Цена руб/м	Стоимость, руб
1	2	3	4	5
Гр. 1.1 – ЩР-1	3x2,5	20	109	2180
Гр. 1.2 – ЩР-1	3x2,5	28	109	3052
Гр. 1.3 – ЩР-1	3x2,5	26	109	2834
Гр. 1.4 – ЩР-1	3x2,5	36	109	3924
Гр. 1.5 – ЩР-1	3x2,5	38	109	4142
Пом. № 14 – ЩР-1	3x1,5	46	68	3128
Пом. № 2, 13 – ЩР-1	3x1,5	30	68	2040
Пом. № 1, 15-17 – ЩР-1	3x1,5	49	68	3332
Пом. № 12, 19, 22 – ЩР-1	3x1,5	47	68	3196
Пом. № 3-8 – ЩР-1	3x1,5	70	68	4760
Пом. № 11, 21 – ЩР-1	3x1,5	33	68	2244
Гр. 2.1 – ЩР-2	3x2,5	29	109	3161
Гр. 2.2 – ЩР-2	3x2,5	39	109	4251
Гр. 2.3 – ЩР-2	3x2,5	42	109	4578
Гр. 2.4 – ЩР-2	3x2,5	27	109	2943
Гр. 2.5 – ЩР-2	3x2,5	31	109	3379
Гр. 2.5.1 – ЩР-2	3x2,5	25	109	2725
Гр. 2.6 – ЩР-2	3x2,5	40	109	4360
Гр. 2.7 – ЩР-2	3x2,5	43	109	4687
Гр. 2.8 – ЩР-2	3x2,5	16	109	1744
Гр. 2.9 – ЩР-2	3x2,5	24	109	2616
Пом. № 7, 14-16 – ЩР-2	3x1,5	32	68	2176
Пом. № 6, 11-13 – ЩР-2	3x1,5	37	68	2516
Пом. № 5, 8-10 – ЩР-2	3x1,5	45	68	3060

Окончание таблицы 3.16

Пом. №1, 17-20 – ЩР-2	3x1,5	56	68	3808
Пом. №21,25-33 – ЩР-2	3x1,5	63	68	4284
Пом. № 4, 26-31 – ЩР-2	3x1,5	83	68	5644
ВРУ - ЩР-1	5x6	5	367	1835
ВРУ - ЩР-2	5x6	36	367	13212
ВРУ - ЩАО	5x4	5	271	1355
			Итого	107166

Таблица 3.18 – Стоимость автоматов, питающих ЩР

Место установки	Тип автомата	Номинальный ток, А	Цена автомата, руб
ЩР-1	ВА 47-63	25	993
ЩР-2	ВА 47-63	25	993
ЩАО	ВА 47-63	16	795
			Итого
			2781

Таблица 3.19 – Стоимость автоматов, питающих отдельные приемники

Место установки	Тип автомата	Номинальный ток, А	Цена автомата, руб
ЩР-1			
Гр. 1.1	ВА 47-63	16	795
Гр. 1.2	ВА 47-63	16	795
Гр. 1.3	ВА 47-63	16	795
Гр. 1.4	ВА 47-63	16	795
Гр. 1.5	ВА 47-63	16	795
Пом. №14	ВА 47-63	10	450
Пом. №2, 14	ВА 47-63	10	450
Пом. №1, 15-17	ВА 47-63	10	450
Пом. №12, 19, 22	ВА 47-63	10	450
Пом. №3-8	ВА 47-63	10	450
Пом. №11, 21	ВА 47-63	10	450
ЩР-2			
Гр. 2.1	ВА 47-63	16	795
Гр. 2.2	ВА 47-63	16	795
Гр. 2.3	ВА 47-63	16	795
Гр. 2.4	ВА 47-63	16	795
Гр. 2.5	ВА 47-63	16	795
Гр. 2.5.1	ВА 47-63	16	795
Гр. 2.6	ВА 47-63	16	795
Гр. 2.7	ВА 47-63	16	795
Гр. 2.8	ВА 47-63	16	795
Гр. 2.9	ВА 47-63	16	795
Пом. № 7,14-16	ВА 47-63	10	450
Пом. № 6,11-13	ВА 47-63	10	450
Пом. № 5, 8-10	ВА 47-63	10	450
Пом. №1, 17-20	ВА 47-63	10	450
Пом. №21,25-33	ВА 47-63	10	450
Пом. № 4, 26-31	ВА 47-63	10	450

Окончание таблицы 3.19

ЩАО			
1 этаж №1,12,14,21,22	ВА 47-63	10	450
1 этаж №9-12,19	ВА 47-63	10	450
2 этаж №1,4-32,34	ВА 47-63	10	450
Итого			18675

Таблица 3.20 – Стоимость производимых работ

№ п/п	Ед. измерения	Количество	Цена, руб/м	Стоимость, руб
1	2	3	4	5
Земляные работы				
Разработка грунта вручную (Т1 L=26м)	м³	3,64	1500	5460
Разработка грунта вручную (Т1 L=38+9м)	м³	8,46	1500	12690
Обратная засыпка ручным способом	м³	7,72	200	1544
Песок	м³	4,38	650	2847
Вывоз излишнего грунта (с погрузкой)	м³	4,38	350	1533
Рытье траншеи вручную	м³	6,6	500	3300
Обратная засыпка траншеи	м³	6,6	200	1320
Монтажные работы				
Монтаж кабеля в ст. трубе под слоем мокрой штукатурки	м	89	100	8900
Монтаж кабеля в стальной трубе	м	46	80	3680
Монтаж кабельных линий в общей оплетке диаметром до 6мм в общей оплетке в каб. канале 100х60	м	76	90	6840
Монтаж кабельной линии в каб. канале 25х16	м	12	90	1080
Монтаж кабеля под слоем мокрой штукатурки	м	748	50	37400
Монтаж кабельных линий в гофр. Трубе	м	2208	100	220800

Окончание таблицы 3.20

Монтаж кабельных линий в гофр. трубе по фасаду	м	156	100	15600
Монтаж провода по конструкциям	м	35	350	12250
Установка встраиваемых монтажных коробок	шт.	287	200	57400
Монтаж выключателей, розеток скрытой установки	шт.	159	550	87450
Монтаж выключателей, розеток открытой установки	шт.	2	450	900
Монтаж светильников	шт.	248	240	59520
Монтаж наружных светильников	шт.	10	1900	19000
Монтаж силовых щитов размером до 600х600 мм	шт.	4	1390	5560
Установка автоматических выключателей	шт.	45	450	20250
Проходы кабелей через стены и перекрытия в стальной трубе трубе L=300мм, D=40мм.	шт.	40	90	3600
Демонтажные работы				
Демонтаж кабелей, проводов	м	3572	35	125020
Демонтаж силовых щитов	шт.	4	2500	10000
Демонтаж выключателей, розеток	шт.	161	100	16100
Демонтаж светильников	шт.	258	80	20640
ИТОГО				760684

Общие затраты на реконструкцию:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{л}} + K_{\text{щр}} + K_{\text{а}} + K_{\text{раб}} = \quad (3.35)$$

$$= 107166 + 2781 + 18675 + 760684 = 889306 \text{ т.р.}$$

3.7 Мероприятия по заземлению и молниезащите

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), секции 1.7 и 7.1, использовали кабели с медными жилами и систему заземления TN-S, в которой нулевые-рабочие и нулевые-защитные проводники разделены, начиная от главной заземляющей шины в существующем распределительном устройстве здания. Главная заземляющая шина (ГЗШ) была установлена в распределительном устройстве - шина РЕ.

Для выравнивания потенциалов ГЗШ соединена с вводами трубопроводов инженерных коммуникаций, металлическими частями каркаса здания, заземляющим устройством системы молниезащиты и заземлительным проводником повторного заземления на вводе здания. ГЗШ обозначена полосами желто-зеленого цвета одинаковой ширины на обоих концах. Для ВРУ использовали стальную полосу размером 40x5 мм вдоль периметра помещения, которая соединена с проводником системы выравнивания потенциалов, также стальной полосой размером 40x5 мм.

В соответствии с "Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций" СО 153-34.21.122-2003, здание центра отнесено к III категории молниезащиты, где допустимое сопротивление заземляющего устройства не должно быть больше 20 Ом.

Для предотвращения воздействия прямых ударов молнии, вторичных проявлений и заноса высоких потенциалов на здание, установлен комплекс молниезащитных устройств, включающий молниеприемники, токоотводы и заземлители. Для ловли молнии установлена сетка на кровле здания с шагом не более 10x10 метров. Ограждение кровли по внешним границам парапета считается частью сетки. Все металлические элементы, выступающие над поверхностью кровли, соединены токоотводами с металлической сеткой. Для создания заземляющих электродов использована арматура железобетонных колонн, которая соединена между собой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом бакалаврской работы является проект реконструкции системы электроснабжения центра социальной помощи семье и детям в г. Минусинск.

Ввод в здание от ТП выполнен кабелем ВБбШв 4х16 длиной 67 м. Выбрана трасса для кабельной линии, учитывая минимальное количество используемого кабеля и его защиту от механических повреждений. Резервные кабели уложены в траншею глубиной 0,9 метра.

В электрощитовой установлено вводно-распределительное устройство типа ВРУ1-13-10УХЛ4. Электроприемники подключены к сети переменного тока напряжением 220 В.

Распределительные шкафы установлены в коридорах первого и второго этажей каждого блока здания.

Распределительные и групповые сети выполнены кабелем ВВГнг (А)LSLTx. Однофазные сети выполнены трехпроводными.

Распределительные сети от ВРУ выполнены с использованием кабеля марки ВВГнг(А)LSLTx различного сечения и количества жил, прокладываемого по помещениям.

Для мероприятий по экономии электроэнергии установлены светильники с энергосберегающими лампами.

Аварийное освещение установлено в кабинетах, коридорах, а также на лестницах и входах. В светильниках аварийного освещения установлены блоки аварийного питания.

Защита от сверхтоков осуществляется с помощью автоматических выключателей во вводно-распределительном устройстве и распределительных щитах, снабженных комбинированными расцепителями.

Практическая значимость обусловлена тем, что проведение реконструкции схемы электроснабжения центра социальной помощи обеспечит повышение общей энергоэффективности электроснабжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дулесова Н. В. Системы электроснабжения. Курсовое проектирование [Электронный ресурс]: учебн.-метод. пособие / сост. Н. В. Дулесова; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Электрон. текстовые, граф. дан. (2,68 МБ). – Абакан: ХТИ – филиал СФУ, 2016. – 72 с.
2. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавец, Н.А. Черемисинова. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
3. Козловская, В. Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 253 с.
4. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. – 320 с.
5. Мукаев, А. И. Управление энергосбережением и повышение энергетической эффективности в организациях и учреждениях бюджетной сферы: Практическое пособие / А.И. Мукаев – Фаменское: ИПК ТЭК, 2011. – 212 с.
6. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». - М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектропроект, 1993 (2-я редакция). – 86 с.
7. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 701 с.
8. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 131 с.
9. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с.
10. СП 256.1325800.2016 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М.: ВНИПИ

Тяжпромэлектропроект, 2011. – 65 с.

11. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; дата введ. 08.05.2017. – М.: НИИСФРААСН, 2016. – 116 с.

12. СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85.

13. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. т. Электрооборудование / Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатом-издат, 2007. – 602 с.

14. Филатов, И.В. Электроснабжение осветительных установок: учебное пособие / И. В. Филатов, Е. В. Гурнина. Издательство московского государственного открытого университета. – М. 2009. – 321 с.

15. Хромченко, Г. Е. Проектирование кабельных сетей и проводок / Г. Е. Хромченко, П.И. Анастасиев, Е.З. Бранзбург, А.В. Коляда. - М.: Энергия, 2010. – 397 с.

16. Министерство энергетики РФ. Приказ от 19 июня 2003 г. N 229 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ»

17. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства РФ. 31.03.2003. № 13. Ст. 1177.

18. Федеральный закон от 26.03.2003 № 36-ФЗ «Об особенностях функционирования электроэнергетики в переходный период» // Собрание законодательства РФ. 31.03.2003. № 13. Ст. 1178.

19. Федеральный закон № 125-ФЗ от 07.07.2003 "О внесении изменений и дополнений в федеральный закон «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации" (действующая редакция 2016) [Электронный ресурс]: URL: consultant.ru/document/cons_dos_.

20. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» // Собрание законодательства РФ. 30.11.2009. № 48. Ст. 5711.

21. Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электро-снабжение»: учеб. пособие / Л. Л. Латушкина, А. Д. Макаревич, А. С. Торопов, А. Н. Туликов; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан: Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2012. – 232 с.

22. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 352 с.

23. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2010. – 214 с.

24. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.

25. ГБУ СО Центр помощи семье и детям «Минусинский» [Электронный ресурс]: <https://центр-семьи-минусинский.рф>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Данные о геометрических размерах помещений центра

№ п/п	Наименование помещения	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь, м ²
1	2	3	4	5	6
Первый этаж					
1	Кабинет	5,8	7,1	3	47,44
2	Кабинет	6,9	4,4	3	30,54
3	Кабинет	6,7	2,6	3	17,36
4	Кабинет	6,7	2,5	3	16,67
5	Кабинет	5,7	2	3	11,34
6	Кабинет	5,6	2	3	11,08
7	Кабинет	6,7	1,8	3	12,12
8	Туалет	2,8	2,6	3	7,47
9	Коридор	6	1,7	3	10,22
10	Коридор	2,1	2	3	4,07
11	Лестница (с учетом тамбура)	9,9	2,1	3	20,79
12	Коридор	24,4	3,9	3	95,24
13	Подсобное	6,9	2,5	3	17,14
14	Актовый зал	6,9	15,8	3	109,36
15	Кабинет	6,5	2,5	3	16,43
16	Кабинет	3,3	2,5	3	8,15
17	Кабинет	6,7	2,5	3	16,68
19	Тамбур	3	2,4	3	7,3
20	Коридор	2,1	2	3	5,0
21	Лестница	9,9	2,1	3	20,3
22	Тех. помещение	3,2	3	3	9,61
Второй этаж					
1	Коридор	6	1,7	3	11,13
2	Лестница	9,6	2,1	3	20,3
3	Лестница	9,6	2,1	3	20,79
4	Коридор	6	1,7	3	11,33
5	Коридор	1,25	2,4	3	3,0
6	Коридор	4,4	1,8	3	7,92
7	Коридор	1,25	2,4	3	4,39
8	Кабинет	6,9	2,4	3	17,05
9	Кабинет	5,7	2,4	3	12,21
10	Кабинет	6,9	2,2	3	14,92
11	Кабинет	5,1	2,4	3	12,28
12	Кабинет	5,1	2,3	3	12,02
13	Кабинет	6,9	2,4	3	16,56
14	Кабинет	6,9	2,2	3	16,61
15	Кабинет	5,7	2,4	3	12,99
16	Кабинет	6,9	2,4	3	17,05

Окончание приложения А

17	Кабинет	5	3,4	3	17,14
18	Кабинет	5	3,1	3	15,64
19	Кабинет	6,7	2,5	3	18,11
20	Кабинет	10,5	2,4	3	25,26
21	Кабинет	2,4	2,9	3	7,13
22	Кабинет	2,4	2,9	3	7,01
23	Кабинет	2,4	3,1	3	7,51
24	Кабинет	2,4	2,8	3	6,82
25	Кабинет	2,4	3,4	3	8,13
26	Кабинет	5	2,2	3	10,96
27	Кабинет	5	2,1	3	10,35
28	Кабинет	5	2,3	3	11,29
29	Кабинет	6,7	2,5	3	17,08
30	Кабинет	6,7	2,5	3	17,55
31	Туалет	2,7	2,5	3	6,73
32	Тамбур	2,1	2	3	4,26
33	Коридор	24,4	2,6	3	64,22
34	Коридор	2,1	2	3	5,0

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт - филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.С. Торопов

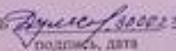
подпись инициалы, фамилия

« 30 » 06 2023 г.

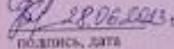
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

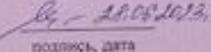
Реконструкция системы электроснабжения ГБУ СО «Центр социальной
помощи семье и детям «Минусинский»
тема

Руководитель  доцент, к.т.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Н.В. Дулцева
инициалы, фамилия

Выпускник 
подпись, дата

К.В. Роменский
инициалы, фамилия

Нормоконтролер 
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2023