

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

«Электроэнергетика»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г.Н.Чистяков

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

«Проектирование системы электроснабжения автотехцентра г.Красноярск,
Северное Шоссе 17д.»

тема

Руководитель _____

подпись, дата

доцент, к.т.н.

должность, ученая степень

Г.Н.Чистяков

инициалы, фамилия

Выпускник _____

подпись, дата

А.Д.Мино

инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____

подпись, дата

И. А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная – работа по теме «Проектирование системы электроснабжения автотехцентра г.Красноярск, Северное Шоссе 17д.» содержит 70 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 18 таблиц, 3 листа графического материала, приложений нет.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, АВТОТЕХЦЕНТР.

Объект исследования – Автотехцентр г.Красноярск, Северное Шоссе 17д.

Предметом исследования является электроснабжение автотехцентра.

Цель работы: разработать проект системы электроснабжения автотехцентра.

Задачи работы:

- разработать проект электроснабжения;
- произвести анализ электрических нагрузок потребителей;
- произвести расчет допустимых потерь;
- произвести расчет заземления;
- проанализировать литературу, посвященную электроснабжению предприятий.

В данной выпускной квалификационной работе была разработана система электроснабжения автотехцентра в соответствии с действующими нормами и правилами при использовании самых современных электротехнических материалов и электрооборудования. Данный расчёт может применяться в промышленном, гражданском строительстве объектов разного назначения.

THE ABSTRACT

The final qualification work on the topic "Design of the power supply system of the automobile technical center of Krasnoyarsk, Severnoye Shosse 17d." contains 70 pages of a text document, 25 sources used, 18 tables, 3 sheets of graphic material, no appendices.

Keywords: POWER SUPPLY, ELECTRIC NETWORK, CIRCUIT BREAKER, SHORT CIRCUIT CURRENT, AUTO TECHNICAL CENTER.

The object of the study is the Automobile Technical Center of Krasnoyarsk, Severnoye Shosse 17d.

The subject of the study is the power supply of the auto technical center.

The purpose of the work: to develop a project of the power supply system of the auto technical center.

Tasks of the work:

- develop a power supply project;
- analyze the electrical loads of consumers;
- calculate the allowable losses;
- calculate the grounding;
- analyze the literature on the power supply of enterprises.

In this final qualifying work, the power supply system of the automotive technical center was developed in accordance with the current norms and rules when using the most modern electrical materials and electrical equipment. This calculation can be used in industrial and civil construction of objects for various purposes.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	1
THE ABSTRACT	2
ВВЕДЕНИЕ	4
1. Теоретическая часть.....	5
1.1 Методы расчета нагрузок помещений по обслуживанию и ремонту автомобилей.....	5
1.1.1 Метод удельного расхода электроэнергии.....	5
1.1.2 Метод технологического графика.....	7
1.1.3 Статистический метод.....	7
1.1.4 Метод упорядоченных диаграмм.....	8
1.2 Особенности расчета электрических сетей помещений по обслуживанию и ремонту автомобилей.....	10
2. Аналитическая часть	12
2.1 Общие сведения.....	12
2.2 Перечень установленного оборудования.....	13
2.3 Необходимость проектирования системы электроснабжения.....	14
3. Практическая часть. Расчет электрической энергии 0,4кВ.....	14
3.1 Расчет освещения.....	14
3.1.1 Расчет рабочего освещения.....	14
3.1.2 Расчет аварийного освещения.....	18
3.2 Расчет нагрузки.....	22
3.2.1 Приведение однофазных к условным трех фазным нагрузкам.....	22
3.2.2 Перевод трехфазного повторно-кратковременного режима к длительному режиму.....	23
3.2.3 Расчет электрической нагрузки на первом уровне.....	24
3.2.4 Мощность рабочего освещения цеха.....	26
3.2.5 Мощность аварийного освещения цеха.....	27
3.3.2 Определение общей установленной мощности.....	30
3.4 Выбор и компоновка электрической сети.....	31
3.4 Выбор и расстановка распределительных пунктов.....	32
3.4.2 Выбор силовых распределительных пунктов электрической сети.....	34
3.4.2 Выбор кабеля.....	35
3.5 Расчет токов короткого замыкания.....	38
3.6 Проверка сети.....	38
1.4 Выбор защитной аппаратуры и проверка электрической сети.....	39
1.5 Укрупненный расчет показателей стоимости проектируемой сети.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	46

ВВЕДЕНИЕ

Система электроснабжения – совокупность устройств для передачи, распределения и производства электроэнергии.

В настоящее время энергетика занимает одну из самых главных востребованных позиций. Электроснабжение – довольно сложная ступень проектирования. Комплексное решение данной задачи является неотъемлемым требованием для экономически и технически правильной работы предприятия.

Технически верное проектирование исключает появление недопустимых падений напряжения, неравномерное распределение токов по фазам и монтаж работ. Поэтому предъявляются высокие требования к качеству электрической энергии.

Автотехцентр – востребованное предприятие по оказанию услуг. Для увеличения конкурентоспособности и наиболее удобной потребителю инфраструктуры, необходимо высокое качество и скорость выполняемых работ, для этого необходим верный расчет системы электроснабжения.

1. Теоретическая часть

1.1 Методы расчета нагрузок помещений по обслуживанию и ремонту автомобилей

Метод расчета электрических нагрузок зависит от проектируемого объекта (промышленное предприятие, микрорайон города, сельскохозяйственный район).

При проектировании обычно определяют три вида нагрузок:

– среднюю за максимально загруженную смену $P_{ср.мах}$ и среднегодовую $P_{ср.}$. Величина $P_{ср.мах}$ необходима для определения расчетной активной нагрузки P_p , а величина $P_{ср.}$ для определения годовых потерь электроэнергии;

– расчетную активную и реактивную величины необходимы для расчета сетей по условиям допустимого нагрева, выбора мощности трансформаторов и преобразователей, а также для определения максимальных потерь мощности, отклонения и потерь напряжения;

– максимальную кратковременную (пусковой ток) I_n , она необходима для проверки колебания напряжения, выбора плавких вставок предохранителей, определения тока токовой релейной защиты, и проверки электрических сетей по условиям самозапуска двигателей.

1.1.1 Метод удельного расхода электроэнергии.

Ряд приемников электроэнергии характеризуются неизменными или мало изменяющимися графиками нагрузок. К таким электроприемникам относятся электроприводы вентиляторов, насосов, компрессоров, подъемников, воздуходувок, преобразовательных агрегатов, электролизных установок, электроприемники бумажной и химической промышленности, и многие другие.

Коэффициенты включения таких электроприемников равны 1, а коэффициенты загрузки изменяются незначительно.

Для электроприемников с неизменной или мало изменяющейся во

времени нагрузкой, расчетная нагрузка совпадает со средней, за более загруженную смену и может быть определена по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции при заданном объеме выпуска за определенный период времени

В качестве расчетной нагрузки принимают фазную более нагруженной смены

$$P_p = P_{ср.мах} = \frac{N_{см} \cdot \mathcal{E}_y}{T_{см}}; \quad (1)$$

$N_{см}$ – объем выпуска продукции за смену;

\mathcal{E}_y – удельный расход электроэнергии на единицу продукции;

$T_{см}$ – продолжительность наиболее загруженной смены.

При наличии данных об удельных расходах электроэнергии на единицу продукции в натуральном выражении \mathcal{E}_y при годовом объеме выпускаемой продукции $N_{год}$ цеха (предприятия в целом) расчетную нагрузку определяют по формуле:

$$P_p = \frac{N_{год} \cdot \mathcal{E}_y}{T_{мах.и}}; \quad (2)$$

где $T_{мах.ц}$ – количество часов использования максимума активной нагрузки цеха (принимается по отраслевым инструкциям и справочным данным).

Если известны данные об удельных расходах электроэнергии по отдельным технологическим агрегатам $\mathcal{E}_{уд.i}$, то расчетную нагрузку определяют по формулам:

$$P_{р.ц.} = \sum_{i=1}^n \frac{\mathcal{E}_{уд.i} \cdot N_{год}}{T_{мах.ц}} + P_{р.о.ц}; \quad (3)$$

для цеха:

$$P_{р.з} = \sum_{i=1}^n (P_{р.ц.i} + P_{р.о.з}) \cdot K_{р.м}; \quad (4)$$

1.1.2 Метод технологического графика

У групп электрических приемников ритмичного поточного производства или автоматизированного расчетную нагрузку находят из графика нагрузки, состоящего из технологического графика работы разных электроприемников и их мощностей.

Метод технологического графика строится на графике работы электроагрегата, линии или группировки машин. График работы дуговой сталеплавильной печи характеризуется: утверждается время расплавления (от 20 до 50 мин), окисления (от 20 до 80 мин), число плавки, технологическая увязка с работой других сталеплавильных агрегатов. График помогает узнать совокупный расход электроэнергии за плавку, среднюю за цикл, учитывая время до следующей плавки, и максимальную нагрузку для подсчета питающей сети.

1.1.3 Статистический метод

Структурирование нагрузок напрямую зависит от ряда случайных факторов. Поэтому числовые значения величин нагрузок чаще являются независимыми и случайными. Групповая нагрузка подразумевает под собой систему независимых случайных нагрузок разных электроприемников, при достаточном их числе нагрузка соответствует стандартному закону распределения случайных величин.

Считая, что при таких расчетах возможно использовать стандартный закон распределения, расчетную нагрузку находят двумя интегральными показателями: средней нагрузкой P_{cp} и среднеквадратичным отклонением s из уравнения

$$P_p = P_{cp} + \beta \cdot \sigma; \quad (5)$$

где P_{cp} – среднее значение нагрузки за рассматриваемый интервал времени;

β – используемая кратность меры рассеяния (коэффициент надежности расчета);

σ – среднее квадратичное отклонение нагрузки в интервале $T=0,5$ ч.

Среднеквадратичное отклонение для группового графика определяют по формуле:

$$\sigma = \sqrt{P_{\text{СК}}^2 + P_{\text{СР}}^2}; \quad (6)$$

$$P_{\text{СК}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 \cdot \Delta t_i)}{\sum_{i=1}^n \Delta t}}; \quad (7)$$

$P_{\text{СК}}$ – Среднеквадратичная мощность.

При введении коэффициента формы:

$$K_{\varphi} = \frac{P_{\text{СК}}}{P_{\text{СР}}}; \quad (8)$$

$$\sigma = P_{\text{СР}} \cdot \sqrt{K_{\varphi}^2 - 1}; \quad (9)$$

Значение b принимается разными. В теории вероятности используется правило трех сигм

$$P_p = P_{\text{СР}} + 3 \cdot \sigma; \quad (10)$$

что при нормальном распределении соответствует предельной вероятности 0,9973. Вероятности превышения нагрузки на 0,5% соответствует $b = 2,5$, для $b = 1,65$ обеспечивается 5% вероятности ошибки. В практических расчетах вполне достаточна точность 0,5 тогда

$$P_p = P_{\text{СР}} + 2,5 \cdot \sigma; \quad (11)$$

1.1.4 Метод упорядоченных диаграмм

При известных условиях о количестве электрических приемников, их мощности, режимах работы его советуют использовать для расчета элементов системы электроснабжения 2УР, 3УР (провод, кабель, шинопровод,

низковольтная аппаратура), снабжающих силовую нагрузку напряжением до 1 кВ (упрощенно для эффективного числа приемников всего цеха, т.е. для сети напряжением 6 – 10 кВ 4УР).

Отличие метода упорядоченных диаграмм и расчета по коэффициенту расчетной активной мощности состоит в замене коэффициента максимума, рассматриваемого отношением P_{max}/P_{cp} .

Порядок расчета:

- составляется список силовых электроприемников с использованной номинальной (установленной) мощностью;

- определяется рабочая смена с самым большим потреблением электроэнергии и обговариваются сутки;

- описываются особенности технологического процесса, которые оказывают влияние на потребление, находятся электроприемники с высокой неравномерностью нагрузки;

- исключаются электроприемники: а) малой мощности; б) резервные по условиям расчета электрических нагрузок; в) включаемые периодически;

- выделяются группы электроприемников, имеющих одинаковый режим работы;

- из этих групп выделяются подгруппы, имеющие одинаковую величину индивидуального коэффициента использования;

- выделяются электроприемники одинакового режима работы и рассчитывается их средняя мощность;

- находится средняя реактивная нагрузка;

- находится групповой коэффициент использования;

- находится эффективное число электроприемников.

Это главный метод определения расчетных нагрузок промышленных

предприятий.

$$P_p = k_m \cdot P_{\text{ср.мах}} = k_m \cdot k_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}};$$

(12)

где k_m – коэффициент максимума нагрузки;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования рассматриваемой группы электроприемников;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность всех используемых электроприемников п.

Значение k_m зависит от коэффициента использования и эффективного числа электроприемников.

Нагрузки остальных узлов системы в сетях напряжением выше 1 кВ (4УР, 5УР) предлагается находить подобно с включением потерь в трансформаторах.

1.2 Особенности расчета электрических сетей помещений по обслуживанию и ремонту автомобилей

Для обеспечения стабильной работы электроснабжения электроприемники делятся на три категории.

Перерыв работы электроприемников первой категории может привести к опасности, угрозе безопасности государства, материальный ущерб, нарушение сложного технологического процесса, перебой стабильного функционирования значимых элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения, временная остановка снабжения электрической возможен на время рефлекторного ввода запасного источника снабжения электрической энергии.

Среди электроприемников первой категории отделяется особая группа, ритмичная работа энергопринимающих устройств нужна для безаварийной остановки производства с целью недопущения угрозы жизни людей, пожаров и взрывов. Для электроснабжения такой группы электроприемников планируется дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

Временная остановка работы электроприемников второй категории

приводит к широким недоотпускам продукции, многочисленным простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, сбоем нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей, они должны снабжаться электроэнергией от двух независимых резервирующих источников питания.

Электроприемники третьей категории – другие энергопринимающие устройства, не входящие в определения первых двух категорий. Электроснабжение возможно выполнить от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, требующее для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

Как и в других учреждениях, в автотехцентре есть помещения для директора, бухгалтера и клиентов. Они подразумевают под собой помещения, электропроводка в которых не отличается от бытовой. Они подключаются отдельно от производственных помещений, через дифференциальный автомат (УЗО). Возможно раздельное включение кабинетов или освещения и розеток. Для защиты от перенапряжения можно установить реле напряжения. Заземление производится заземляющим проводом в розетках.

Необходимы раздевалка и душевая, для удобства освещение в душевой должно включаться снаружи.

Автосервис - это небольшой завод. Есть станки разного применения, сварочные аппараты, различные стенды и электроподъемные механизмы. Для питания всех устройств необходимо трёхфазное напряжение, а для обеспечения безопасности работающих людей - контур заземления, к которому подключается всё электрооборудование.

Электрика в помещениях должна соответствовать определённым требованиям. Поэтому розетки убираются, выключатели устанавливаются снаружи помещения, а светильники выбираются герметичные, класса защиты IP.

Электрооборудование, расположенное в мойке, выбирается водозащищённое, класса IP. Распределительные щиты, выключатели и розетки

располагаются в помещениях так, чтобы предотвратить попадание брызг воды от моечного оборудования.

По категории надёжности авторемонтное предприятие относится к потребителям третьей категории.

2. Аналитическая часть

2.1 Общие сведения

Для качественного предоставления услуг и бесперебойной работы необходим правильный расчет системы электроснабжения.

Техцентр – подразумевает под собой одобренный производителем и/или официальным дилером сервис, который выполняет гарантийный и платный ремонт автомобилей определенной марки.

Минимальный набор услуг:

- шиномонтаж;
- развал-схождение;
- диагностика;
- слесарные работы.
- малярный бокс;
- кузовной участок.
- диагностику дизеля;
- заправку кондиционеров;
- техосмотр ЛИК.

Представляет собой комплекс сооружений и механизмов (подъёмники, рихтовочные стенды, стенд развала-схождения, установка для замены масла, промывки топливной системы, рихтовочное и покрасочно-сушильное оборудование, стенды и проверочники для диагностики электроцепей автомобиля), а также ручной и пневматический инструмент, собранные в одном

месте для комплексного ремонта и обслуживания автомобилей.

Авторемонтное предприятие расположено по адресу: г.Красноярск, Северное Шоссе 17д.

Удобное расположение позволяет без затруднений произвести необходимый ремонт автомобиля.

Количество рабочих смен – 1.

Размеры здания, имеет следующие габаритные размеры: $A \times B \times H = 30 \times 28 \times 8,78$ м, где: А – длина (м), В – ширина (м), Н – высота здания (м).

2.2 Перечень установленного оборудования

Перечень электрооборудования авторемонтного предприятия предоставлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень оборудования авторемонтного предприятия

Наименование	Мощность, Рн, кВт	Примечание
Балансировочный станок	0,5	-
Шиномонтажные станки	0,55	-
Поршневой компрессор	13,2	1 фазный
Подъемник четырехстоечный 4Т	2,2	-
Подъемник двухстоечный 4Т	2,2	-
Подъемник четырехстоечный для развал-схождения	13,14	-
Сварочный полуавтомат	1,75	ПВ=25%
Устройство пуско-зарядное Volta S-400	4	ПВ=30%, 1 фазный

2.3 Необходимость проектирования системы электроснабжения

На сегодняшний день машина – необходимое средство передвижения. Как правило, официальный автодилер берет на себя ответственность за последующее качественное обслуживание, обеспечение всеми необходимыми запчастями и аксессуарами.

Необходимость грамотного проектирование структуры предприятия дает хорошую прибыльность и удобство для клиента.

Именно поэтому электрические системы играют важную роль в работе и правильном функционировании любого строительного объекта.

3. Практическая часть. Расчет электрической энергии 0,4кВ.

3.1 Расчет освещения

Освещение организовывается исходя из условий и назначения помещения.

Для правильного освещения лампы нужно распределить равномерно по площади помещения.

3.1.1 Расчет рабочего освещения

Основной задачей светотехнического расчета является определение числа и мощности осветительных установок, т.е. определение фактической освещенности, создаваемой спроектированным источником освещения.

h_c – высота подвески светильников (м);

h_p – высота рабочей поверхности (м);

h_n – высота подвеса светильников над полом (м);

h – расчетная высота (м);

H – высота здания (м);

l_A – расстояние от стенки светильников в поперечной оси (м);

l_B – расстояние от стенки до светильников в продольной оси (м);

L_A – расстояние между светильниками в продольной оси (м);

L_B – расстояние между светильниками в поперечной оси (м);

A – длина помещения (м);

B – ширина помещения (м).

Геометрические параметры ремонтной зоны, $A \times B \times H = 30 \times 28 \times 8,78$ (м).
Площадь цеха равна 672 (м^2).

Согласно ПУЭ принимаем высоту рабочей поверхности $h_p = 0,8$ (м), а высоту подвеса $h_c = 1,2$ (м).

Определим значение расчетной высоты для рабочего освещения (13).

$$h = H - h_p - h_c, \text{ (м);} \quad (13)$$

$$h = 8,78 - 0,8 - 1,2 = 6,78 \text{ м;}$$

Определим расстояние между светильниками в продольной оси (14).

$$L_A = \lambda_3 h, \text{ (м);} \quad (14)$$

где λ_3 – отношение расстояния между светильниками к расчетной высоте
 $\lambda_3 = 1$

$$L_A = 1 \cdot 6,78 = 6,78 \text{ м;}$$

Определим число светильников в ряду (15).

$$n_a = \frac{A}{L_A}, \text{ (шт);} \quad (15)$$

$$n_a = \frac{30}{6,78} \approx 4 \text{ шт;}$$

Принимаем, что в каждом ряду находится по 4 светильника. Определим расстояние от стены до светильника в продольной оси (16).

$$l_A = \frac{A - L_A \cdot (n_a - 1)}{2}, \text{ (м);} \quad (16)$$

$$l_A = \frac{30 - 6,78 \cdot (4 - 1)}{2} = 5 \text{ м};$$

Примем, что расстояние между светильниками в поперечной оси $L_B = 6 \text{ м}$, тогда определим количество рядов светильников (17).

$$n_B = \frac{B}{L_B}, (\text{шт}); \quad (17)$$

$$n_B = \frac{28}{6} = 4 \text{ шт};$$

Принимаем, что у нас четыре ряда светильников. Определим расстояние от стены до светильника в поперечной оси (18).

$$l_B = \frac{B - L_B \cdot (n_B - 1)}{2}, (\text{м}); \quad (18)$$

$$l_B = \frac{28 - 6 \cdot (4 - 1)}{2} = 5 \text{ м};$$

Отношение расстояний между светильниками не должно превышать 1,5 (19). Проведем проверку правильности выбора расстояния между светильниками.

$$\frac{L_A}{L_B} < 1,5; \quad (19)$$

$$\frac{L_A}{L_B} = \frac{6,78}{6} = 1,13 < 1,5;$$

Определим количество светильников в цехе (20)

$$N = n_a \cdot n_B, (\text{шт}); \quad (20)$$

$$N = 4 \cdot 4 = 16 \text{ шт};$$

Определим индекс помещения (21)

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A+B)}; \quad (21)$$

$$i = \frac{30 \cdot 28}{6,78(30 + 28)} = 2,14;$$

Определим функцию светового потока – коэффициент использования, который нам понадобится при дальнейших вычислениях [4], $\eta = 0,7$. Принимаем коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $\rho_{\text{п}} = 50\%$; стен $\rho_{\text{с}} = 30\%$; пола $\rho_{\text{р}} = 10\%$. Принимаем номинальную освещенность $E_{\text{н}} = 300$ (лк) и коэффициент запаса $K_{\text{зап}} = 1,5$.

Расчет освещения рассчитаем методом коэффициента использования светового потока. Световой поток ламп в каждом светильнике, нужный для создания заданной минимальной освещенности определим согласно формуле (22).

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} K_{\text{зап}} F z}{N \eta}, \text{ (лм);} \quad (22)$$

где Φ – световой поток одной лампы (лм);

$E_{\text{н}}$ – номинальная освещенность лампы, $E_{\text{н}} = 300$ (лк);

$K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, $K_{\text{зап}} = 1,5$;

F – площадь помещения (м²);

z – коэффициент минимальной освещенности, $z = 1,15$;

N – количество светильников в цехе (шт);

η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,7$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 28 \cdot 1,15}{16 \cdot 0,7} = 38\,812 \text{ лм};$$

По значению Φ выбирается стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения Φ на $[-10 \div +20\%]$. Подбираем лампу типа KEDR мощностью 300 Вт со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 39\,000$ (лм). Определим отклонение светового потока (23)

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi}{\Phi} \cdot 100\%; \quad (23)$$

$$\Delta\Phi = \frac{39\,000 - 38\,812}{38\,812} \cdot 100\% = 0,48\%;$$

Отклонение между $\Phi_{л}$ и Φ составило 0,48%, что допустимо. Определим фактический световой поток (24).

$$\Phi_{\phi} = NN_{л}\Phi_{л}, \text{ (лм);} \quad (24)$$

где Φ_{ϕ} – фактический световой поток (лм);

N – количество светильников в цехе (шт);

$N_{л}$ – количество ламп в светильнике $N_{л} = 1$ (шт);

$\Phi_{л}$ – номинальный световой поток лампы (лм)

$$\Phi_{\phi} = 16 \cdot 1 \cdot 39\,000 = 624\,000 \text{ лм;}$$

3.1.2 Расчет аварийного освещения

Аварийное освещение нужно в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход в темноте затруднен из-за дальнейшей работы оборудования. Аварийная освещенность рабочей поверхности должна составлять не менее 5% нормы и не менее 2 Лк внутри зданий. Следуя этим требованиям, рассчитывается: количество ламп, необходимых для аварийного освещения; высота подвеса аварийного освещения; тип светильников.

Расчет аварийного освещения произведем аналогично расчету рабочего освещения. Согласно ПУЭ принимаем высоту рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м, а высоту подвеса аварийного освещения $h_c = 4,2$ м.

Тогда значение расчетной высоты аварийного освещения, в соответствии с формулой (13), будет следующим:

$$h = 8,78 - 0,8 - 4,2 = 3,78 \text{ м;}$$

Примем, в соответствии с, $\lambda_3 = 1,8$, тогда расстояние между светильниками в продольной оси, предположительно, (14) будет следующим:

$$L_A = 1,8 \cdot 3,78 = 6,8 \text{ м};$$

Определим минимальное число светильников в ряду (15).

$$n_A = \frac{30}{6,8} = 4;$$

Рассчитаем, что в каждом ряду находится по четыре светильника. Тогда расстояние между светильниками в ряду принимаем $L_A = 6$ м. Определим расстояние от стены до светильника в продольной оси (16).

$$l_A = \frac{30 - 6,8 \cdot (4 - 1)}{2} = 5 \text{ м};$$

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

$$L_B = \frac{B}{m} = \frac{28}{4} = 6 \text{ м};$$

Расстояние от крайнего ряда до стены:

$$l_B = \frac{B - L_B \cdot (m - 1)}{2} = \frac{28 - 6 \cdot (4 - 1)}{2} = 5 \text{ м};$$

Проведем проверку выбора расстояния между светильниками (19).

$$\frac{L_A}{L_B} = \frac{6,8}{6} = 1,13 < 1,5;$$

Определим количество светильников аварийного освещения в цехе (20)

$$N = 4 \cdot 4 = 16;$$

Определим индекс помещения для аварийного освещения, согласно формуле (21).

$$i = \frac{30 \cdot 28}{6,78 \cdot (30 + 28)} = 2,13;$$

Коэффициент использования $\eta = 0,62$. Коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $\rho_{\text{п}} = 50 \%$; стен $\rho_{\text{с}} = 30\%$; пола $\rho_{\text{р}} = 10\%$.

Номинальную освещенность $E_n = 300$ (лк); коэффициент запаса $K_{зап} = 1,5$.

Определим норму освещенности для аварийного освещения.

$$E_a = 0,05 \cdot E_n, \text{ (лк);} \quad (25)$$

$$E_a = 0,05 \cdot 300 = 15 \text{ лк;}$$

Определим световой поток одной лампы аварийного освещения (22).

$$\Phi = \frac{15 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 28 \cdot 1,15}{16 \cdot 0,62} = 2191,03 \text{ лм;}$$

Подбираем лампу накаливания Diora Office IP65 мощностью 19Вт со световым потоком $\Phi_{л} = 2200$ (лм). Определим отклонение светового потока (23)

$$\Delta\Phi = \frac{2200 - 2191,03}{2191,03} \cdot 100\% = 0,4 \%;$$

Отклонение между $\Phi_{л}$ и Φ составило +0,4%, что допустимо.

Определим фактический световой поток (24).

$$\Phi_{ф} = 16 \cdot 1 \cdot 2200 = 35\,200 \text{ лм.}$$

Расчетные данные приведены в таблицах 2.3.

Таблица 2 – Расчет рабочего освещения

Помещение	A	B	h	La	na	la	nb	Lb	lb	La/Lb	N	i	Φ	ΔΦ	Φф
Архив	1,99	2,46	4,1 8	4,1 8	0,4 8	2,0 9	0,6 2	4	2	1,05	1	0,2 6	2483,70	0,66	2483,70
Гардероб	3,73	2,46	4,1 8	4,1 8	0,8 9	2,0 9	0,6 2	4	2	1,05	1	0,3 5	12724,4 1	2,17	6983,05
Бытовое помещение	6,85	8	4,1 8	4,1 8	1,6 4	2,0 9	2,0 0	4	2	1,05	3	0,8 8	12724,4 1	10,0 2	41704,41
Сушилка	2,23	1,7	4,1 8	4,1 8	0,5 3	2,0 9	0,4 3	4	2	1,05	1	0,2 3	1923,38	3,98	1923,38
Коридор	1,5	28,8 6	4,1 8	4,1 8	0,3 6	2,0 9	7,2 2	4	2	1,05	3	0,3 4	8482,94	29,6 7	21963,31
Бухгалтерия	3,45	4,15	4,1 8	4,1 8	0,8 3	2,0 9	1,0 4	4	2	1,05	1	0,4 5	33931,7 6	0,20	29056,10
Санузел	2,25	1,6	4,1 8	4,1 8	0,5 4	2,0 9	0,4 0	4	2	1,05	1	0,2 2	1826,47	9,50	1826,47
Санузел	2,21	2,39	4,1 8	4,1 8	0,5 3	2,0 9	0,6 0	4	2	1,05	1	0,2 7	2679,79	11,9 5	2679,79
Душевая	2,26	4,29	4,1 8	4,1 8	0,5 4	2,0 9	1,0 7	4	2	1,05	1	0,3 5	8482,94	6,10	4918,99

Административно е помещение	4,15	3,49	4,1 8	4,1 8	0,9 9	2,0 9	0,8 7	4	2	1,05	1	0,4 5	33931,7 6	0,20	29392,99
Учебный класс	6,3	4,06	4,1 8	4,1 8	1,5 1	2,0 9	1,0 2	4	2	1,05	2	0,5 9	33931,7 6	0,20	51908,29
Директор	5,13 7	7,08 5	4,1 8	4,1 8	1,2 3	2,0 9	1,7 7	4	2	1,05	2	0,7 1	33931,7 6	0,20	73861,75
Санузел	1,26	1,26	4,1 8	4,1 8	0,3 0	2,0 9	0,3 2	4	2	1,05	1	0,1 5	805,47	11,7 4	805,47
Мастерская ремонта двигателей и кпп	6,39	4,49	1,7	1,7	3,7 6	0,8 5	2,9 9	1, 5	0,7 5	1,13	0	1,5 5	8733,91	1,90	87339,08
Комната мастера	6,3	3	1,7	1,7	3,7 1	0,8 5	2,0 0	1, 5	0,7 5	1,13	6	1,2 0	9588,97	4,29	57533,82
Лестница(хоз помещение)	1,62 5	3,82	1,7	1,7	0,9 6	0,8 5	2,5 5	1, 5	0,7 5	1,13	2	0,6 7	1293,75	0,48	3149,39
Инструментальная	3,04	2,66	1,7	1,7	1,7 9	0,8 5	1,7 7	1, 5	0,7 5	1,13	3	0,8 3	7762,50	3,06	24615,95
Диагностика	3,15	2,66	1,7	1,7	1,8 5	0,8 5	1,7 7	1, 5	0,7 5	1,13	3	0,8 5	7762,50	3,06	25506,66
Серверная	3,02	1,29	1,7	1,7	1,7 8	0,8 5	0,8 6	1, 5	0,7 5	1,13	2	0,5 3	7762,50	3,06	11859,27
Санузел	3,17	1,29	1,7	1,7	1,8 6	0,8 5	0,8 6	1, 5	0,7 5	1,13	2	0,5 4	1293,75	0,48	2074,72
Универсаальная кабина	2,2	2,27	1,7	1,7	1,2 9	0,8 5	1,5 1	1, 5	0,7 5	1,13	2	0,6 6	1293,75	0,48	2533,72
Касса	2,05	2,24	1,7	1,7	1,2 1	0,8 5	1,4 9	1, 5	0,7 5	1,13	2	0,6 3	7762,50	3,06	13978,59
Холл	11,0 9	9	1,7	1,7	6,5 2	0,8 5	6,0 0	1, 5	0,7 5	1,13	3	2,9 2	7762,50	3,06	303833,3 8
Тамбур	3,26	1,62 5	1,7	1,7	1,9 2	0,8 5	1,0 8	1, 5	0,7 5	1,13	2	0,6 4	1293,75	0,48	2687,70
Склад ГСМ	2,8	7,7	1,7	1,7	1,6 5	0,8 5	5,1 3	1, 5	0,7 5	1,13	8	1,2 1	7762,50	3,06	65631,18
Компрессилнная	2,8	3	1,7	1,7	1,6 5	0,8 5	2,0 0	1, 5	0,7 5	1,13	3	0,8 5	7762,50	3,06	25570,59
Оператор мойки	2,79	3,05	1,7	1,7	1,6 4	0,8 5	2,0 3	1, 5	0,7 5	1,13	3	0,8 6	7762,50	3,06	25903,92
Помещение для хранения инвентаря	2,8	2	1,7	1,7	1,6 5	0,8 5	1,3 3	1, 5	0,7 5	1,13	2	0,6 9	7762,50	3,06	17047,06
Шиномонтаж	2,8	8,72	1,7	1,7	1,6 5	0,8 5	5,8 1	1, 5	0,7 5	1,13	0	1,2 5	7762,50	3,06	74325,18
Вент камера	2,8	3,03	1,7	1,7	1,6 5	0,8 5	2,0 2	1, 5	0,7 5	1,13	3	0,8 6	7762,50	3,06	25826,29
Склад запчастей	11,9 5	8,05	6,7 8	6,7 8	1,7 6	3,3 9	1,3 4	6	3	1,13	2	0,7 1	38812,0 0	0,48	91780,17
Склад2	5,75	11,4 4	1,7	1,7	3,3 8	0,8 5	7,6 3	1, 5	0,7 5	1,13	6	2,2 5	7762,50	3,06	200242,0 6
Мойка	5,9	29,4 2	6,7 8	6,7 8	0,8 7	3,3 9	4,9 0	6	3	1,13	4	0,7 2	38812,0 0	0,48	165607,4 1
Ремонтная зона	23,8 5	27,6 4	6,7 8	6,7 8	3,5 2	3,3 9	4,6 1	6	3	1,13	1	1,8 9	38812,0 0	0,48	628943,3 1

Таблица 3 – Расчет аварийного освещения

Помещение	A	B	h	La	na	la	nb	Lb	lb	La/L b	N	i	Φ	ΔΦ	Φф
Бытовое помещение	6,85	8	4	7,2	0,9 5	3,6 0	2,0 0	4	2	1,80	2	0,92	1095,8 8	1086,26	2085,22

Коридор	1,5	28,8 6	4	7,2	0,2 1	3,6 0	7,2 2	4	2	1,80	2	0,36	730,59	1131,88	1098,17
Административное помещение	4,15	3,49	4	7,2	0,5 8	3,6 0	0,8 7	4	2	1,80	1	0,47	2922,3 5	1029,23	1469,65
Учебный класс	6,3	4,06	4	7,2	0,8 8	3,6 0	1,0 2	4	2	1,80	1	0,62	2922,3 5	1029,23	2595,41
Директор	5,13 7	7,08 5	4	7,2	0,7 1	3,6 0	1,7 7	4	2	1,80	1	0,74	2922,3 5	1029,23	3693,09
Мастерская ремонта двигателей и кпп	6,39	4,49	1, 5	2,7	2,3 7	1,3 5	2,9 9	1, 5	0,7 5	1,80	7	1,76	616,43	1035,56	4366,95
Комната мастера	6,3	3	1, 5	2,7	2,3 3	1,3 5	2,0 0	1, 5	0,7 5	1,80	5	1,35	616,43	1035,56	2876,69
Лестница(хоз помещение)	1,62 5	3,82	1, 5	2,7	0,6 0	1,3 5	2,5 5	1, 5	0,7 5	1,80	2	0,76	102,74	1068,01	157,47
Инструментальная	3,04	2,66	1, 5	2,7	1,1 3	1,3 5	1,7 7	1, 5	0,7 5	1,80	2	0,95	616,43	1035,56	1230,80
Диагностика	3,15	2,66	1, 5	2,7	1,1 7	1,3 5	1,7 7	1, 5	0,7 5	1,80	2	0,96	616,43	1035,56	1275,33
Серверная	3,02	1,29	1, 5	2,7	1,1 2	1,3 5	0,8 6	1, 5	0,7 5	1,80	1	0,60	616,43	1035,56	592,96
Санузел	3,17	1,29	1, 5	2,7	1,1 7	1,3 5	0,8 6	1, 5	0,7 5	1,80	1	0,61	102,74	1068,01	103,74
Универсаальная кабина	2,2	2,27	1, 5	2,7	0,8 1	1,3 5	1,5 1	1, 5	0,7 5	1,80	1	0,74	102,74	1068,01	126,69
Касса	2,05	2,24	1, 5	2,7	0,7 6	1,3 5	1,4 9	1, 5	0,7 5	1,80	1	0,71	616,43	1035,56	698,93
Холл	11,0 9	9	1, 5	2,7	4,1 1	1,3 5	6,0 0	1, 5	0,7 5	1,80	2 5	3,31	616,43	1035,56	15191,67
Тамбур	3,26	1,62 5	1, 5	2,7	1,2 1	1,3 5	1,0 8	1, 5	0,7 5	1,80	1	0,72	102,74	1068,01	134,39
Склад ГСМ	2,8	7,7	1, 5	2,7	1,0 4	1,3 5	5,1 3	1, 5	0,7 5	1,80	5	1,37	616,43	1035,56	3281,56
Компрессилнная	2,8	3	1, 5	2,7	1,0 4	1,3 5	2,0 0	1, 5	0,7 5	1,80	2	0,97	616,43	1035,56	1278,53
Оператор мойки	2,79	3,05	1, 5	2,7	1,0 3	1,3 5	2,0 3	1, 5	0,7 5	1,80	2	0,97	616,43	1035,56	1295,20
Помещение для хранения инвентаря	2,8	2	1, 5	2,7	1,0 4	1,3 5	1,3 3	1, 5	0,7 5	1,80	1	0,78	616,43	1035,56	852,35
Шиномонтаж	2,8	8,72	1, 5	2,7	1,0 4	1,3 5	5,8 1	1, 5	0,7 5	1,80	6	1,41	616,43	1035,56	3716,26
Вент камера	2,8	3,03	1, 5	2,7	1,0 4	1,3 5	2,0 2	1, 5	0,7 5	1,80	2	0,97	616,43	1035,56	1291,31
Склад запчастей	11,9 5	8,05	6	10, 8	1,1 1	5,4 0	1,3 4	6	3	1,80	1	0,80	9862,9 4	295,42	14641,83
Склад2	5,75	11,4 4	1, 5	2,7	2,1 3	1,3 5	7,6 3	1, 5	0,7 5	1,80	6	2,55	616,43	1035,56	10012,10
Мойка	5,9	29,4 2	6	10, 8	0,5 5	5,4 0	4,9 0	6	3	1,80	3	0,82	9862,9 4	295,42	26419,59
Ремонтная зона	23,8 5	27,6 4	6	10, 8	2,2 1	5,4 0	4,6 1	6	3	1,80	1 0	2,13	9862,9 4	295,42	100336,2 5

3.2 Расчет нагрузки

3.2.1 Приведение однофазных к условным трех фазным нагрузкам

Рассчитывается величина неравномерности N по формуле:

$$H = \frac{P_{\text{ф.нб}} + P_{\text{ф.нм}}}{P_{\text{ф.нм}}} \cdot 100\% \quad (26)$$

где $P_{\text{ф.нб}}$ и $P_{\text{ф.нм}}$ - мощность наиболее и наименее загруженной фазы, кВт.

$$P_{\text{в}} = P_{\text{ф.нб}} = \frac{2P_{\text{н}} + 2P_{\text{н}}}{2} = 2P_{\text{н}}; \quad (27)$$

$$P_{\text{а}} = P_{\text{с}} = P_{\text{ф.нм}} = \frac{P_{\text{н}} + 2P_{\text{н}}}{2} = 1,5P_{\text{н}}; \quad (28)$$

где $P_{\text{н}}$ - приведенная активная мощность, кВт.

$$H = \frac{P_{\text{ф.нб}} + P_{\text{ф.нм}}}{P_{\text{ф.нм}}} \cdot 10^2 > 15\%; \quad (29)$$

Если условие выполняется, то считаем по формуле:

$$P_{\text{у}} = 1P_{\text{ф.нб}}; \quad (30)$$

где $P_{\text{у}}$ - условная приведенная мощность, кВт.

Пользуясь формулами (26) - (30) произведём расчёт для поршневого компрессора

$$P_{\text{в}} = P_{\text{ф.нб}} = \frac{2P_{\text{н}} + 2P_{\text{н}}}{2} = 2 \cdot 2,2 = 4,4 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{а}} = P_{\text{с}} = P_{\text{ф.нм}} = \frac{P_{\text{н}} + 2P_{\text{н}}}{2} = 1,5 \cdot 2,2 = 3,3 \text{ кВт};$$

$$H = \frac{4,4 - 3,3}{3,3} \cdot 10^2 = 25\% > 15\%;$$

$$P_{\text{у}} = 3 \cdot 4,4 = 13,2 \text{ кВт}.$$

Рассчитаем для нагрузки - устройство пуско-зарядное Volta S-400

$$P_{\text{в}} = P_{\text{ф.нб}} = \frac{2P_{\text{н}} + 2P_{\text{н}}}{2} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{а}} = P_{\text{с}} = P_{\text{ф.нм}} = \frac{P_{\text{н}} + 2P_{\text{н}}}{2} = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ кВт};$$

$$H = \frac{8 - 6}{6} \cdot 10^2 = 25\% > 15\%;$$

$$P_{\text{у}} = 3 \cdot 8 = 24 \text{ кВт}.$$

3.2.2 Перевод трехфазного повторно-кратковременного режима к длительному режиму

После перевода нагрузок к трехфазным необходимо привести их к

длительному режиму по формуле:

$$P_H = P_{II} \sqrt{ПВ}; \quad (31)$$

где ПВ - продолжительность включения, относительных единицах;

P_{II} - мощность потребителя, кВт;

P_H - номинальная мощность потребителя, кВт.

Рассчитаем для нагрузки устройство пуско-зарядное Volta-S400 ПВ=30%:

$$P_H = 24 \sqrt{0,3} = 13,14 \text{ кВт};$$

Для нагрузки сварочный полуавтомат ПВ=25%:

$$P_H = 3,5 \sqrt{0,25} = 1,75 \text{ кВт};$$

3.2.3 Расчет электрической нагрузки на первом уровне

По исходным данным определим номинальные активные мощности приемников электроэнергии. Для электродвигателей, работающих в длительном режиме, расчетная активная мощность равна номинальной (13), т.к. их ПВ = 100%. Если электродвигатель работает в повторно-кратковременном режиме, то расчетная мощность приводится к длительному режиму работы (14).

$$P_{p1} = P_{ном}, \text{ кВт, при ПВ} = 100\%; \quad (32)$$

$$P_{p1} = P_{ном} \sqrt{ПВ}, \text{ кВт при ПВ} < 100\%; \quad (33)$$

где P_{p1} – расчетная активная мощность электроприемника (кВт);

$P_{ном}$ – номинальная активная мощность электроприемников (кВт);

ПВ – повторное включение электроприемника (о.е).

После расчета активной мощности, находим значения реактивных (34) и полных (16) расчетных мощностей каждого в отдельности.

$$Q_{p1} = P_{p1} \operatorname{tg} \varphi, \text{ кВар}; \quad (34)$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2}, \text{ кВА}; \quad (35)$$

где Q_{p1} – расчетная реактивная мощность электроприемника (кВар);

P_{p1} – расчетная активная мощность электроприемников (кВт);

$tg\varphi$ – коэффициент реактивной мощности (о.е);

S_{p1} – расчетная полная мощность электроприемников (кВА)

После расчета мощностей найдем значения расчетного (36) и пускового (37) токов электроприемника в отдельности.

$$I_{p1} = \frac{S_{p1} \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_{ном}}, \text{ A}; \quad (36)$$

$$I_{п} = K_{п} I_{p1}, \text{ A}; \quad (37)$$

где S_{p1} – расчетная полная мощность электроприемников (кВА);

I_{p1} – расчетный ток электроприемников на 1 уровне (А);

$K_{п}$ – кратность пускового тока;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение электроприемника (кВ)

Произведем расчет, результаты вычисления сведем в таблицу 4

$$P_{p1} = P_{ном} = 0,14 \text{ кВт}$$

$$Q_{p1} = 0,14 \cdot 1,73 = 0,24 \text{ кВар}$$

$$S_{p1} = \sqrt{0,14^2 + 0,24^2} = 0,28 \text{ кВА}$$

$$I_{p1} = \frac{0,28 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,73 \text{ А}$$

$$I_{п} = 3 \cdot 0,73 = 2,2 \text{ А}$$

N	Общая Pт, кВт	Pт, кВт	Кл	cos α	tg α	Кл*Pт	Кл*Pт*N*	Силова:	
								Кл*Pт	Кл*Pт*N*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	2	1	0,5	0,14	0,5	1,73	0,14	0,24	
	2	1,1	0,55	0,14	0,5	1,73	0,15	0,27	
	1	13,2	13,2	0,7	0,8	0,75	9,24	6,93	
	4	8,8	2,2	0,1	0,5	1,73	0,88	1,52	
	2	4,4	2,2	0,1	0,5	1,73	0,44	0,76	
	2	26,28	13,14	0,1	0,5	1,73	2,63	4,55	
	1	1,75	1,75	0,25	0,35	2,68	0,44	1,17	
	1	2,5	2,5	0,95	0,85	0,62	2,38	1,47	
	1	3	3	0,7	0,8	0,75	2,10	1,58	
	4	60	15	0,1	0,5	1,73	6,00	10,39	
	3	21	7	0,7	0,8	0,75	14,70	11,03	
	1	13,4	13,4	0,25	0,35	2,68	3,35	8,97	
	24	156,43	13,2	0,27	0,56	1,47	42,44	62,40	

3.2.4 Мощность рабочего освещения цеха

Расчет рабочего освещения выполним методом спроса. Расчетную активную мощность осветительной нагрузки рассчитаем в соответствии с формулой (38).

$$P_{p1.0} = NP_{ном} K_c K_{ПРА}, \text{ (Вт)} \quad (38)$$

где $P_{p1.0}$ – расчетная активную мощность осветительной нагрузки (Вт);

N – количество светильников в цехе (шт);

$P_{ном}$ – номинальная мощность одной лампы (Вт);

K_c – коэффициент спроса $K_c = 0,95$, [4];

$K_{ПРА}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре $K_{ПРА} = 1,1$

$$P_{p1.0} = 16 \cdot 300 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 5016 \text{ Вт};$$

Для ламп принимаем $\cos \varphi = 0,9$, тогда $\text{tg} \varphi = 0,48$. Определим расчетную реактивную мощность осветительной нагрузки (39).

$$Q_{p1.0} = P_{p1.0} \text{tg} \varphi, \text{ (ВАр)} \quad (39)$$

где $Q_{p1.0}$ – расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки (ВАр);

$P_{p1.0}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт);

$\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg}\varphi_{\text{ДРЛ}} = 0,48$ (о.е).

$$Q_{p1.0} = 5016 \cdot 0,48 = 2407,68 \text{ ВАр};$$

Определим расчетную полную мощность осветительной нагрузки (40).

$$S_{p1.0} = \sqrt{P_{p1.0}^2 + Q_{p1.0}^2}, (\text{ВА}); \quad (40)$$

где $Q_{p1.0}$ – расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки (ВАр);

$P_{p1.0}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт);

$S_{p1.0}$ – расчетная полная мощность осветительной нагрузки (ВА)

$$S_{p1.0} = \sqrt{5016^2 + 2407,68^2} = 5\,563,92 \text{ ВА};$$

3.2.5 Мощность аварийного освещения цеха

Расчет мощности аварийного освещения произведем аналогично, методом спроса. Расчетную активную мощность осветительной нагрузки найдем с помощью формулы (41).

$$P_{p1.0} = NP_{\text{НОМ}}K_cK_{\text{ПРА}}, (\text{Вт}); \quad (41)$$

где $P_{p1.0}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт);

N – количество светильников в цехе (шт);

$P_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность одной лампы (Вт);

K_c – коэффициент спроса $K_c = 0,95$ [4];

$K_{\text{ПРА}}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре $K_{\text{ПРА}} = 1$

$$P_{p1.0} = 16 \cdot 300 \cdot 0,95 \cdot 1 = 4\,560 \text{ Вт};$$

Для ламп накала принимаем $\cos\varphi_{\text{ЛН}} = 1$, тогда $\operatorname{tg}\varphi_{\text{ЛН}} = 0$. Определим расчетную реактивную мощность осветительной нагрузки (42).

$$Q_{p1.0} = P_{p1.0} \operatorname{tg} \varphi, (\text{Вар}); \quad (42)$$

где $Q_{p1.0}$ – расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки (Вар);

$P_{p1.0}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт);

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg} \varphi_{\text{ДРЛ}} = 1,44$ (о.е).

$$Q_{p1.0} = 4\,560 \cdot 0 = 0 \text{ Вар};$$

Определим расчетную полную мощность осветительной нагрузки (24).

$$S_{p1.0} = \sqrt{P_{p1.0}^2 + Q_{p1.0}^2}, (\text{ВА}); \quad (24)$$

где $Q_{p1.0}$ – расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки (Вар);

$P_{p1.0}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт);

$S_{p1.0}$ – расчетная полная мощность осветительной нагрузки (ВА)

$$S_{p1.0} = \sqrt{4\,560^2 + 0^2} = 4\,560 \text{ ВА};$$

Расчетные данные приведены в таблицах 5 – 5.1.

Расчетные данные нагрузки розеток приведены в таблице 6.

Таблица 5 – Расчет нагрузки освещения

Наименование потребителя	F, м ²	N	Марка светильника	Рном ламп, Вт								
				одной	общая	Ксо	Кпра	cos α	tgα	Pp1.0, Вт	Qp1.0, Вар	Sp1.0, ВА
1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12
Архив	4,9	1	G5 T5	16,5	16,50	0,95	1,1	0,9	0,48	17,24	8,28	19,13
Гардероб	9,2	1	E40	65	65,00	0,95	1,1	0,9	0,48	67,93	32,60	75,34
Быт. помещение	54,7	3	E40 M88	150	450,00	0,95	1,1	0,9	0,48	470,25	225,72	521,62
Сушилка	3,8	1	E27	20	20,00	0,95	1,1	0,9	0,48	20,90	10,03	23,18
Коридор	43,3	2	LHB-UFO-VC	150	300,00	0,95	1,1	0,9	0,48	313,50	150,48	347,74
Бухгалтерия	14,3	1	VRN-UNE-240T-G40K67-U90	240	240,00	0,95	1,1	0,9	0,48	250,80	120,38	278,20

Санузел	3,6	1	E27	20	20,00	0,95	1,1	0,9	0,48	20,90	10,03	23,18
Санузел	5,3	1	E27 T120	40	40,00	0,95	1,1	0,9	0,48	41,80	20,06	46,37
Душевая	9,7	1	FLOOD LED BLACK	50	50,00	0,95	1,1	0,9	0,48	52,25	25,08	57,96
Админ. пом.	14,5	1	VRN-UNE-240T- G40K67-U90	240	240,00	0,95	1,1	0,9	0,48	250,80	120,38	278,20
Учебный класс	25,6	2	HBA AL 400H	400	611,91	0,95	1,1	0,9	0,48	639,45	306,94	709,30
Директор	36,4	2	HBA AL 400H	400	870,71	0,95	1,1	0,9	0,48	909,89	436,75	1009,28
Санузел	1,6	1	E27 A60	60	60,00	0,95	1,1	0,9	0,48	62,70	30,10	69,55
Мастерская рем.	28,7	1	E27/E40 T160	100	1125,14	0,95	1,1	0,9	0,48	1175,77	564,37	1304,21
Комната мастера	18,9	7	E27/E40 T160	100	741,18	0,95	1,1	0,9	0,48	774,53	371,77	859,13
Лестница	6,2	2	E27 A65	15	36,51	0,95	1,1	0,9	0,48	38,16	18,32	42,33
Инструмент.	8,1	3	E27/E40 T160	100	317,11	0,95	1,1	0,9	0,48	331,38	159,06	367,58
Диагностика	8,4	3	E27/E40 T160	100	328,59	0,95	1,1	0,9	0,48	343,37	164,82	380,88
Серверная	3,9	2	E27/E40 T160	100	152,78	0,95	1,1	0,9	0,48	159,65	76,63	177,09
Санузел	4,1	2	E27 A65	15	24,05	0,95	1,1	0,9	0,48	25,14	12,07	27,88
Универс. кабина	5	2	E27 A65	15	29,38	0,95	1,1	0,9	0,48	30,70	14,74	34,05
Касса	4,6	2	E27/E40 T160	100	180,08	0,95	1,1	0,9	0,48	188,18	90,33	208,74
Холл	102,4	39	E27/E40 T160	100	3914,12	0,95	1,1	0,9	0,48	4090,25	1963,32	4537,05
Тамбур	5,3	2	E27 A65	15	31,16	0,95	1,1	0,9	0,48	32,56	15,63	36,12
Склад ГСМ	21,6	8	E27/E40 T160	100	845,49	0,95	1,1	0,9	0,48	883,54	424,10	980,05
Компрессилнна я	8,4	3	E27/E40 T160	100	329,41	0,95	1,1	0,9	0,48	344,24	165,23	381,84
Оператор мойки	8,5	3	E27/E40 T160	100	333,71	0,95	1,1	0,9	0,48	348,72	167,39	386,82
Помещ. для хран.	5,6	2	E27/E40 T162	100	219,61	0,95	1,1	0,9	0,48	229,49	110,16	254,56
Шиномонтаж	24,4	10	E27/E40 T163	100	957,49	0,95	1,1	0,9	0,48	1000,58	480,28	1109,87
Вент камера	8,5	3	E27/E40 T164	100	332,71	0,95	1,1	0,9	0,48	347,68	166,89	385,66
Ремонтная зона	672	2	KEDR СБУ	300	709,42	0,95	1,1	0,9	0,48	741,35	355,85	822,33
Склад запчастей	159,7	26	E27/E40 T164	100	2579,61	0,95	1,1	0,9	0,48	2695,69	1293,93	2990,15
Мойка	173,6	4	KEDR СБУ	300	1280,07	0,95	1,1	0,9	0,48	1337,68	642,08	1483,80
Ремонтная зона	659,4	16	KEDR СБУ	300	4861,46	0,95	1,1	0,9	0,48	5080,23	2438,51	5635,16
Итого					22313,20							25864,33

Таблица 5.1 – Расчет нагрузки аварийного освещения

Наименование	F, м²	N	Марка	Рном ламп, Вт		Kco	Kpa	cosa	tga	Pp l.o, Вт	Qp l.o, Ba	Sp l.o, BA
				одной	общая							
1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12
Быт. помещение	54,7	2	E40 M88	150	285,41667	0,95	1,1	0,9	0,48	298,26	143,17	330,84
Коридор	43,3	2	LHB-UFO-VC	150	225,46875	0,95	1,1	0,9	0,48	235,61	113,10	261,35
Админ. Пом.	14,5	1	VRN-UNE-240T-	240	120,69583	0,95	1,1	0,9	0,48	126,13	60,54	139,90
Учебный класс	25,6	1	HBA AL 400H	400	355,25	0,95	1,1	0,9	0,48	371,24	178,19	411,79
Директор	36,4	1	HBA AL 400H	400	505,49507	0,95	1,1	0,9	0,48	528,24	253,56	585,94
Маст. рем.	28,7	7	E27/E40 T160	100	708,42222	0,95	1,1	0,9	0,48	740,30	355,34	821,17
Комната мастера	18,9	5	E27/E40 T160	100	466,66667	0,95	1,1	0,9	0,48	487,67	234,08	540,94
Лестница	6,2	2	E27 A65	15	22,990741	0,95	1,1	0,9	0,48	24,03	11,53	26,65
Инструм	8,1	2	E27/E40 T160	100	199,6642	0,95	1,1	0,9	0,48	208,65	100,15	231,44
Диагностика	8,4	2	E27/E40 T160	100	206,88889	0,95	1,1	0,9	0,48	216,20	103,78	239,82
Серверная	3,9	1	E27/E40 T160	100	96,192593	0,95	1,1	0,9	0,48	100,52	48,25	111,50
Санузел	4,1	1	E27 A65	15	15,145556	0,95	1,1	0,9	0,48	15,83	7,60	17,56
Универс. кабина	5	1	E27 A65	15	18,496296	0,95	1,1	0,9	0,48	19,33	9,28	21,44
Касса	4,6	1	E27/E40 T160	100	113,38272	0,95	1,1	0,9	0,48	118,48	56,87	131,43
Холл	102,4	25	E27/E40 T160	100	2464,4444	0,95	1,1	0,9	0,48	2575,34	1236,17	2856,66
Тамбур	5,3	1	E27 A65	15	19,62037	0,95	1,1	0,9	0,48	20,50	9,84	22,74
Склад ГСМ	21,6	5	E27/E40 T160	100	532,34568	0,95	1,1	0,9	0,48	556,30	267,02	617,07
Компрессилная	8,4	2	E27/E40 T160	100	207,40741	0,95	1,1	0,9	0,48	216,74	104,04	240,42
Оператор мойки	8,5	2	E27/E40 T161	100	210,11111	0,95	1,1	0,9	0,48	219,57	105,39	243,55
Пом. для хран.	5,6	1	E27/E40 T162	100	138,2716	0,95	1,1	0,9	0,48	144,49	69,36	160,28
Шиномонтаж	24,4	6	E27/E40 T163	100	602,8642	0,95	1,1	0,9	0,48	629,99	302,40	698,81
Вент камера	8,5	2	E27/E40 T164	100	209,48148	0,95	1,1	0,9	0,48	218,91	105,08	242,82
Ремонтная зона	672	1	KEDR СБУ	300	445,3588	0,95	1,1	0,9	0,48	465,40	223,39	516,24
Склад запчастей	159,7	16	E27/E40 T164	100	1624,1975	0,95	1,1	0,9	0,48	1697,29	814,70	1882,69
Мойка	173,6	3	KEDR СБУ	300	803,60185	0,95	1,1	0,9	0,48	839,76	403,09	931,49
Ремонтная зона	659,4	10	KEDR СБУ	300	3051,9167	0,95	1,1	0,9	0,48	3189,25	1530,84	3537,63
Итого					13649,797							15822,16

Таблица 6 – Расчет нагрузки розеточных групп

	N	P уст.ед	P уст	cos φ	tg φ	Kc	Pрасч	Qp	Sp	I, A
Розеточная сеть										
Бытовые розетки одинарные	21	0,3	1,5	0,95	0,33	1	1,5			
Бытовые сдвоенные розетки	16	0,5	2,5	0,95	0,33	1	2,5			
Итого	37		4	0,95	0,33	1	22,85	7,54	24,06	21,71

3.3.2 Определение общей установленной мощности

Общая установленная мощность определяем по формуле:

$$S_y = S_{осв} + S_{роз} + S_{эд} + S_{проч}; \quad (43)$$

где S_y – общая установленная мощность, ВА;

$S_{\text{осв}}$ – мощность освещения, ВА;

$S_{\text{роз}}$ – мощность розеток, ВА;

$S_{\text{эд}}$ – мощность электродвигателей, ВА;

Мощность освещения определяется по формуле:

$$S_{\text{осв}} = \sum S_{\text{осв. уч. } i}; \quad (44)$$

где $\sum S_{\text{осв. уч. } i}$ – мощность освещения в отдельных помещениях, ВА

Подставляя значения получим:

$$S_{\text{осв}} = 25,86 \text{ кВА};$$

Мощность на розетки определяем по формуле:

$$S_{\text{роз}} = n \cdot k_{\text{одн}} \cdot U \cdot I_{\text{доп. роз}}; \quad (45)$$

где n – количество розеток;

$k_{\text{одн}}$ – коэффициент одновременности;

U – напряжение в сети, В;

$I_{\text{доп. роз}}$ – допустимо предельный ток на розетку, А

Подставляя значения получим:

$$S_{\text{роз}} = 37 \cdot 0,2 \cdot 220 \cdot 6 = 24,06 \text{ кВА};$$

Полная мощность электродвигателей определяется по формуле:

$$S_{\text{эд}} = \frac{P_{\text{эд}}}{\cos \varphi}; \quad (46)$$

где $P_{\text{эд}}$ – общая мощность электродвигателей, Вт;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности

Мощность электродвигателей определяем по формуле:

$$S_y = 184,9 \text{ кВА};$$

Подставляя значения в формулу (43) получим общую установленную (номинальную) мощность электрооборудования:

$$S_y = 25,86 + 24,06 + 184,9 = 234,82 \text{ кВА}$$

3.4 Выбор и компоновка электрической сети

При скрытой электропроводке кабели прокладывают внутри элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях, а также в трубах, гибких металлических рукавах, коробах). Скрытая электропроводка

позволяет повысить безопасность, обеспечить надежность и сохранить долговечность. Способствует эстетическим требованиям. Затраты на ее проектирование становятся больше, но требуется больше усилий для ее замены.

Внутренние электропроводки, оболочки и изоляция в соответствии с ПУЭ, должны полностью соответствовать условиям окружающей среды электро- и пожарной безопасности, видами используемых проводов и кабелей, надежностью, удобством эксплуатации, экономическими показателями (минимум приведенных годовых затрат) и способу прокладки.

Изоляция должна соответствовать номинальному напряжению сети.

К электропроводкам предъявляются следующие требования [6]:

1. Допустимые длительные токи на провода и кабели электропроводок должны приниматься с учетом температуры окружающей среды и способа прокладки.

2. Механическая и электрическая прочность электропроводок должна быть обеспечена долговечностью (от 10 до 12 лет, кабельных линий – 25 лет).

3. Электропроводки нужно прокладывать так, чтобы они не портили эстетический вид.

4. Конструкция должна обеспечить возможность замены проводов, безопасность при обслуживании и эксплуатации, пожарную безопасность.

5. Электропроводки необходимо выполнять с учетом экономических требований.

6. Сечения проводов и кабелей внутренних электропроводок выбирают по допустимому нагреву и по допустимым потерям напряжения.

Провода и кабели должны быть выбраны таким образом, чтобы температура провода при длительном протекании тока нагрузки не была больше предельно допустимой.

3.4 Выбор и расстановка распределительных пунктов

Таблица 7 – Расчет электрических нагрузок СП1

Наименование ЭП	Исходные данные							Расчетные величины			Эффект внос число $n_s = 2 \cdot \frac{S_{ном}}{P_{ном, max}}$	Коэффициент расчетной нагрузки K_p	Расчетная мощность			$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$ Расчетный ток, А
	Количество ЭП n , шт.	Номинальная мощность, кВт			Коэффициент использования Ки	Коэффициент реактивной		$K_{и} \cdot P_{ном}$	$K_{и} \cdot P_{ном} \cdot \text{tg } \varphi$	$n \cdot P_{ном}^2$			активная , кВт	вная, квар	полная, кВА	
		одного ЭП		общая $P_{ном} = S(n \cdot p_{ном})$		cos φ	tg φ									
		$p_{ном}$	$p_{ном, max}$													
1	2	3	4	5	6	7	8,00	9	10	11	12,0	13	14	15	16	17
1 Балансировочный станок	1		0,5	0,5	0,14	0,5	1,73	0,07	0	0						
2 Балансировочный станок	1		0,5	0,5	0,14	0,5	1,73	0,07	0	0						
3 Шиномонтажные станки	1		0,55	0,55	0,14	0,5	1,73	0,08	0	0						
4 Шиномонтажные станки	1		0,55	0,55	0,14	0,5	1,73	0,08	0	0						
17 Стенды	1		15	15	0,1	0,5	1,73	1,50	3	225						
18 Стенды	1		15	15	0,1	0,5	1,73	1,50	3	225						
19 Стенды	1		15	15	0,1	0,5	1,73	1,50	3	225						
23 Вентилятор	1		7	7	0,7	0,8	0,75	4,90	4	49						
Итого	7		27,32	54,1	0,09	0,54	1,56	4,79	7	725	4	3,24	16	27	31	47

Таблица 8 – Расчет электрических нагрузок СП2

Наименование ЭП	Исходные данные							Расчетные величины			Эффект внос число $n_s = 2 \cdot \frac{S_{ном}}{P_{ном, max}}$	Коэффициент расчетной нагрузки K_p	Расчетная мощность			$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$ Расчетный ток, А
	Количество ЭП n , шт.	Номинальная мощность, кВт			Коэффициент использования Ки	Коэффициент реактивной		$K_{и} \cdot P_{ном}$	$K_{и} \cdot P_{ном} \cdot \text{tg } \varphi$	$n \cdot P_{ном}^2$			активная , кВт	вная, квар	полная, кВА	
		одного ЭП		общая $P_{ном} = S(n \cdot p_{ном})$		cos φ	tg φ									
		$p_{ном}$	$p_{ном, max}$													
1	2	3	4	5	6	7	8,00	9	10	11	12,0	13	14	15	16	17
6 Подъемник четырехстоечный	1		2,2	2,2	0,1	0,5	1,73	0,22	0	5						
7 Подъемник четырехстоечный	1		2,2	2,2	0,1	0,5	1,73	0,22	0	5						
10 Подъемник двухстоечный 4Т	1		2,2	2,2	0,1	0,5	1,73	0,22	0	5						
12 Подъемник четырехстоечный	1		13,1	13,1	0,1	0,5	1,73	1,31	2	172						
15 Вакуумный насос	1		2,5	2,5	0,95	0,85	0,62	2,38	1	6						
16 Электромоторы	1		3	3	0,7	0,8	0,75	2,10	2	9						
22 Вентилятор	1		7	7	0,7	0,8	0,75	4,90	4	49						
24 Устройство пуско-зарядное	1		13,4	13,4	0,25	0,35	2,68	3,35	9	180						
Итого	7		27,32	45,6	0,25	0,54	1,55	11,35	18	430	5	1,35	15	26	30	46

3.4.2 Выбор силовых распределительных пунктов электрической сети

Выбор распределительных пунктов происходит по току и количеству присоединений, в соответствии с условиями (12.1) и (12.2).

где $I_{расч}$ – расчетный ток СП или шинпровода (А);

$I_{ном}$ – номинальный ток СП или шинпровода (А)

где $N_{факт}$ – фактическое число присоединений (шт)

$N_{ном}$ – номинальное число присоединений (шт).

В качестве силовых пунктов выбираем шкафы серии ПР, навесного исполнения (1,5 м над полом)

Таблица 10 – Выбор силовых пунктов

Таблица 9. Расчет электрических нагрузок СП2

Наименование	Марка	Расчетный ток, А	Номинальный ток, А	Количество присоединений СП ном./ факт.	Расчетные величины										Расчетный ток, А					
					Коэффициент реактивной мощности		Коэффициент использования Ки	Номинальная мощность, кВт		Коэффициент Ки		Кос φ		Кн · Rном · tg φ		Кн · Rном	n · p ² ном	Эффективный коэффициент		
					cos φ	tg φ		Rном, вт	Sном, кВА	Кн	Ки	cos φ	tg φ							
8 Подъемник чл. трехстоечный 4Т		47	100	8/8	1	2	3	4	5	6	7	8,00	9	10	11	12,0	13	14	16	17
9 Подъемник чл. трехстоечный 4Т		46	100	8/8	1	1	2,2	2,2	0,1	0,1	0,5	1,73	0,22	0	5					
11 Подъемник двухстоечный 4Т		61	100	8/8	1	1	2,2	2,2	0,1	0,1	0,5	1,73	0,22	0	5					
13 Подъемник чл. трехстоечный					1		13,1	13,1	0,1	0,1	0,5	1,73	1,31	2	172					
5 Поршневой компрессор 1 фазный					1		13,2	13,2	0,7	0,7	0,8	0,75	9,24	7	174					
14 Сварочный полуавтомат ПВ=25%					1		1,75	1,75	0,25	0,25	0,35	2,68	0,44	1	3					
20 Стенды					1		15	15	0,1	0,1	0,5	1,73	1,50	3	225					
21 Вентилятор					1		7	7	0,7	0,7	0,8	0,75	4,90	4	49					
Итого					7		27,32	56,65	0,23	0,23	0,60	1,33	13,15	17	637	5	1,72	23	40	61

Наименование	Марка	Расчетный ток, А	Номинальный ток, А	Количество присоединений СП ном./ факт.
СП-1	ЩРН-П-8	47	100	8/8
СП-2	ЩРН-П-8	46	100	8/8
СП-3	ЩРН-П-8	61	100	8/8

3.4.2 Выбор кабеля

Для офисных помещений выбираем кабель ВВГ, для технических помещений АВВГ.

Таблица 11 – Выбор сечения проводов и кабелей

Трасса		Длина	Iрасч	Iном.вык	Iрасч.вык	Способ прокладки	Кабель, провод	
Начало КЛ	Конец КЛ						Марка	Сечение
СП1	1	41,3	2,62	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х4
СП1	2	31,89	2,62	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х4
СП1	3	38,36	2,88	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х4
СП1	4	37,25	2,88	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х4
СП1	17	19,44	78,66	100	80	В трубах	АВВГ	4х35
СП1	18	16,4	78,66	100	80	В трубах	АВВГ	4х35
СП1	19	13,64	78,66	100	80	В трубах	АВВГ	4х35
СП1	23	24,61	22,96	25	25	В трубах	АВВГ	4х4
СП2	6	45,6	6,68	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х4
СП2	7	39,48	6,68	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х35
СП2	10	33,6	6,68	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х4
СП2	12	27,4	39,77	100	80	В трубах	АВВГ	4х35
СП2	15	5,83	7,72	25	16	В трубах	АВВГ	4х4
СП2	16	10,53	9,26	25	16	В трубах	АВВГ	4х4
СП2	22	4,38	22,96	25	25	В трубах	АВВГ	4х4
СП2	24	10,51	100,59	160	125	В трубах	АВВГ	4х70
СП3	8	28,85	6,68	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х4
СП3	9	22,84	6,68	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х4
СП3	11	16,9	6,68	25	6,3	В трубах	АВВГ	4х4
СП3	13	10,69	39,77	100	80	В трубах	АВВГ	4х35
СП3	5	5,76	25,07	100	31,5	В трубах	АВВГ	4х35
СП3	14	7,62	6,57	25	16	В трубах	АВВГ	4х4
СП3	20	10,14	78,66	100	80	В трубах	АВВГ	4х35
СП3	21	32,3	22,96	25	25	В трубах	АВВГ	4х4
КТП	СП1	0,3	47	100	80	В трубах	АВВГ	4х35
КТП	СП2	0,3	46	100	80	В трубах	АВВГ	4х35
КТП	СП3	1,27	61	100	80	В трубах	АВВГ	4х35

У источника освещения должен поддерживаться необходимый уровень напряжения. Поэтому необходимо определить потери напряжения, которые определяются в соответствии с формулой (17.3

$$\Delta U = \frac{M_{max}}{K_c F}, (\%) \quad (17.3)$$

где ΔU – потери напряжения в линии (ряду) (%)

M_{max} – максимальный момент нагрузки в линии (кВт·м);

$K_C = 7,4$ для сети 380/220 В при алюминиевых проводниках;

F – сечение проводника (мм²).

Значение минимального сечения проводника определяется согласно формуле (17.4).

$$F = \frac{M_{л}}{K_C \Delta U_{доп}}, \text{ (мм}^2\text{)} \quad (17.4)$$

где $\Delta U_{доп}$ – допустимые потери напряжения в линии (ряду), $\Delta U_{доп} = 2,5$ (%) [4]

При этом момент нагрузки в линии определяется в соответствии с формулой (17.5).

$$M_{л} = nP_i \left(l_0 + \frac{l(n-1)}{2} \right), \text{ (кВт * м)} \quad (17.5)$$

где $M_{л}$ – момент нагрузки линии (кВт · м);

n – количество светильников в линии (шт);

P_i – активная мощность лампы (кВт); дифференциальный автомат на розетки

l_0 – расстояние от лампы до ЩО (м);

l – расстояние между лампами (м).

Таблица 12 – Расчет кабеля для освещения

Помещение	La	Lb	N	P	Lo	M1	M2	M3	M4	M5	F1	F2	F3	F4	F5
Архив	4,1 8	4	1	0,01 6	12,22	0,20	0,04				0,0 1	0,00			
Гардероб	4,1 8	4	1	0,06 5	9,05	0,51					0,0 1				
Бытовое помещение	4,1 8	4	2	0,15	4,65	1,47					0,0 4				
Сушилка	4,1 8	4	1	0,02	7,47	0,07					0,0 0				
Коридор	4,1 8	4	1	0,15	14,94	2,24					0,0 6				
Бухгалтерия	4,1 8	4	1	0,24	12,8	2,46					0,0 7				
Санузел	4,1 8	4	1	0,02	11,9	0,12					0,0 0				
Санузел	4,1 8	4	1	0,04	12,9	0,25					0,0 1				
Душевая	4,1 8	4	1	0,05	7,25	0,17					0,0 0				
Административно	4,1	4	1	0,24	19,67	4,68					0,1				

е пом.	8										3						
Учебный класс	4,1 8	4	2	0,4	18,73	11,93					0,3 2						
Директор	4,1 8	4	1	0,4	20,1	10,12					0,2 8						
Санузел	4,1 8	4	1	0,06	6,44	0,39					0,0 1						
Мастерская ремонта	1,7	1, 5	4	0,1	2,86	1,96	2,63				0,0 5	0,14					
Комната мастера	1,7	1, 5	4	0,1	5,91	3,04					0,0 8						
Лестница(хоз помещение)	1,7	1, 5	1	0,01 5	7,68	0,11					0,0 0						
Инструментальная	1,7	1, 5	2	0,1	8,7	1,68					0,0 5						
Диагностика	1,7	1, 5	2	0,1	9,2	1,84					0,0 5						
Серверная	1,7	1, 5	2	0,1	11,3	2,12					0,0 6						
Санузел	1,7	1, 5	2	0,01 5	11,3	0,34					0,0 1						
Универсаальная кабина	1,7	1, 5	1	0,01 5	23,67	0,46					0,0 1						
Касса	1,7	1, 5	1	0,1	17	2,07					0,0 6						
Холл	1,7	1, 5	8	0,1	32,68	30,08	31,25	32,42	33,6 0	34,77	0,8 2	1,69	1,75	1,8 2	1,8 8		
Тамбур	1,7	1, 5	2	0,01 5	35,75	1,05					0,0 3						
Склад ГСМ	1,7	1, 5	2	0,1	46,45	7,74					0,2 1						
Компрессилнная	1,7	1, 5	2	0,1	40,18	6,71					0,1 8						
Оператор мойки	1,7	1, 5	2	0,1	40,95	6,81					0,1 9						
Помещение для хран.	1,7	1, 5	2	0,1	43,79	7,30					0,2 0						
Шиномонтаж	1,7	1, 5	2	0,1	49,93	8,31					0,2 3						
Вент камера	1,7	1, 5	2	0,1	58,52	9,73					0,2 6						
Склад2	1,7	1, 5	3	0,1	24,44	8,95	9,46	9,97	10,4 7		0,2 4	0,51	0,54	0,5 7			
Мойка	6,7 8	6	1	0,3	50	15,00	14,50	16,07	17,6 4		0,4 1	0,78	0,87	0,9 5			
Ремонтная зона	6,7 8	6	4	0,3	14,14	2,66	36,37	43,57	50,7 7		0,0 7	1,97	2,36	2,7 4			

Расчетный ток не превышает допустимый ток кабеля $I_{\text{доп}} = 16 \text{ А}$, для сечения $F = 2,5 \text{ мм}^2$.

Выбираем провод марки ВВГ 5х1,5 для освещения и ВВГ 5х2,5 для розеток.

3.5 Расчет токов короткого замыкания

В электроустановках могут возникать всевозможные виды коротких замыканий, которые сопровождаются резким увеличением тока. Поэтому электрооборудование, устанавливаемое в системе электроснабжения, должно быть устойчивое к токам короткого замыкания и выбирается с учетом величин этих токов.

Произведем расчёт КЗ удаленного элеткроприемника.

Таблица 13 – Расчет КЗ

Точка КЗ	ЭП	Rф, мОм	Ra, мОм	Xa, мОм	X', мОм	Zп, мОм	Iк(1)
1	12	12,60	1,72	0,9	27,87	53,41	3,491361

3.6 Проверка сети

Проверка оборудования ниже 1 кВ на отключающую способность

Проверим выключатель ВА88-32. Проверка выключателя производится по условиям (19.1) – (19.5).

$$0,415 \geq 0,4 \text{ кВ}$$

$$1500 \geq 1317 \text{ А}$$

$$20 \geq 11,7 \text{ кА}$$

$$54 \geq 16,4 \text{ кА}$$

$$20^2 * 3 \geq 11,7^2 * 0,07 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$1200 \geq 9,58 \text{ кА}^2\text{с}$$

Выбранный выключатель прошел проверку

Проверка на отключающую способность осуществляется по условию (19.10).

$$I_{\text{откл}} \geq I_{\text{к}}^{(3)}, (\text{кА}) \quad (19.10)$$

где $I_{\text{откл}}$ – наибольшая отключающая способность защитного аппарата (кА);

$I_{\text{к}}^{(3)}$ – значение трехфазного короткого замыкания (кА)

Результаты проверки представим в таблице 19.1.

Проверка защитных аппаратов сети напряжением ниже 1000 В на чувствительность к однофазным токам КЗ.

Таблица 14 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

№ ЭП	Тип автомата	Предельная отключающая способность	$I_{кз}^{(3)}$, кА
СП1	ВА 88-32	25	3,3
СП2	ВА 88-32	25	3,3
СП3	ВА 88-32	25	3,3

1.4 Выбор защитной аппаратуры и проверка электрической сети

Выбор автоматических выключателей для защиты отдельных электрических приемников производим по следующим условиям:

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}; \quad (48)$$

где U_a - номинальное напряжение автомата, В.

б) по номинальному току (уставка теплового расцепителя):

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,25 \cdot I_p; \quad (49)$$

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

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}; \quad (50)$$

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

$$I_{\text{ном.то}} \geq K_0 \cdot I_{\text{ном.а}}; \quad (51)$$

Результаты выбора автоматов для отдельных электроприемников представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Выбор автоматов для отдельных электроприемников

№ЭП	$I_{\text{расч}}$, (А)	$I_{\text{пик}}$, (А)	K_n	$K_{\text{отс}}$	$I_{\text{рас.к}}$	Тип автомата ч.вык	$I_{\text{ном.в.ык}}$	$I_{\text{ном.рас.}}$	K_u	$I_{\text{ок}}$	$K_{\text{кр}}$	$K_{\text{кр.ном}}$
1,2	2,62	7,87	1,1	1,2	2,88	ВА51-25	25	6,3	1,2	9,44	1,49	0,4
3,4	2,88	8,65	1,1	1,2	3,17	ВА51-25	25	6,3	1,2	10,38	1,65	0,4
5	25,07	75,21	1,1	1,2	27,58	ВА51-31	100	31,5	1,2	90,25	2,86	0,4
6,7,8,9	6,68	20,04	1,1	1,2	7,35	ВА51-25	25	6,3	1,2	24,05	3,82	0,4
10,11	6,68	20,04	1,1	1,2	7,35	ВА51-25	25	6,3	1,2	24,05	3,82	0,4
12,13	39,77	119,31	1,1	1,2	43,75	ВА51-31	100	80	1,2	143,17	1,79	0,4
14	6,57	19,71	1,1	1,2	7,23	ВА51-25	25	16	1,2	23,65	1,48	0,4
15	7,72	23,16	1,1	1,2	8,49	ВА51-25	25	16	1,2	27,79	1,74	0,4
16	9,26	27,79	1,1	1,2	10,19	ВА51-25	25	16	1,2	33,79	2,59	0,4

17,18,19, 20	78,66	235,98	1,1	1,2	86,53	ВА51-31	100	80	1,2	283,18	3,54	0,4
21,22,23	22,96	4,89	1,1	1,2	25,26	ВА51-25	25	25	1,2	5,87	0,23	0,4
24	100,59	301,77	1,1	1,2	110,65	ВА51-33	160	125	1,2	362,12	2,89	0,4

В качестве аппаратов защиты электроприемников и электрических сетей участка цеха устанавливаем автоматические выключатели. Автоматические выключатели одновременно выполняют функции защиты и управления: защищают кабели, провода, электрические сети и потребителей от перегрузки и короткого замыкания (сверхтоков короткого замыкания), а также обеспечивают нормальный режим протекания электрического тока в цепи и осуществляют управление участками электроцепей. Автоматы имеют защитные (спусковые) устройства двух типов: тепловое реле с выдержкой времени для защиты от перегрузки и электромагнитное реле для защиты от короткого замыкания.

Определим пиковый ток группы электроприемников (12.4)

$$I_{\text{пик.}} = I_{\text{пуск.нб.}} + (I_{\text{р.кн}} - k_{\text{и.нб.}} I_{\text{ном.нб.}}), \text{ (A)} \quad (12.4)$$

где $I_{\text{пик}}$ – пиковый ток группы электроприемников (A);

$I_{\text{пуск.нб}}$ – пусковой ток наибольшего по мощности ЭП в группе (A);

$I_{\text{р.кн}}$ – расчетный ток группы электроприемников с учетом надежности (A);

$k_{\text{и.нб}}$ – коэффициент использования, характерный для наибольшего по мощности ЭП в группе (о.е);

$I_{\text{ном.нб}}$ – номинальный ток наибольшего по мощности ЭП в группе (A).

Расчетный ток с учетом коэффициента надежности отстройки от перегрузки определяется (12.5).

$$I_{\text{р.кн}} = I_{\text{р.}} k_{\text{н.}}, \text{ (A)} \quad (12.5)$$

где $I_{\text{р.кн}}$ – расчетный ток группы электроприемников с учетом коэффициента надежности отстройки от перегрузки (A);

$I_{\text{р.}}$ – расчетный ток группы электроприемников (A);

$k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности, $k_{\text{н}} = 1,1$ (о.е).

Тогда ток отсечки с учетом коэффициента отстройки отсечки

определяется (12.6).

$$I_{\text{ок.}} = I_{\text{пик.}} k_{\text{отс.}}, (\text{А}) \quad (12.6)$$

где $I_{\text{ок}}$ – ток отсечки с учетом коэффициента отстройки отсечки (А);

$I_{\text{пик}}$ – пиковый ток группы электроприемников (А);

$k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки отсечки, $k_{\text{отс}} = 1,2$ (о.е).

Выбираем автоматический выключатель по условиям (12.7), (12.8) и (12.9).

$$I_{\text{н.а.}} \geq I_{\text{н.р.}}, (\text{А}) \quad (12.7)$$

где $I_{\text{н.а}}$ – номинальный ток автомата (А); $I_{\text{н.р}}$ – номинальный ток расцепителя (А).

$$I_{\text{н.р.}} \geq I_{\text{р.кн}}, (\text{А}) \quad (12.8)$$

где $I_{\text{н.р}}$ – номинальный ток расцепителя (А); $I_{\text{р.кн}}$ – расчетный ток группы электроприемников с учетом коэффициента надежности отстройки от перегрузки (А).

Расчетная кратность тока отсечки определяется

$$k_{\text{кр.}} = \frac{I_{\text{ок.}}}{I_{\text{н.р.}}}, (\text{о.е}) \quad (12.9)$$

где $k_{\text{кр}}$ – расчетная кратность тока отсечки (о.е); $I_{\text{ок}}$ – ток отсечки с учетом коэффициента отстройки отсечки (А); $I_{\text{н.р}}$ – номинальный ток расцепителя (А).

Окончательным условием выбора автоматического выключателя является условие (9.10).

$$k_{\text{кр.}} \leq 10 \quad (12.10)$$

Для наглядного примера произведем расчет и выбор автоматического выключателя для СП1.

$$I_{\text{р.кн1}} = 47 * 1,1 = 51,7 \text{ А}$$

$$I_{\text{пик.1}} = 260,9 + (51,7 - 0,14 * 86,97) = 300,42 \text{ А}$$

$$I_{\text{ок.}} = 300,42 * 1,2 = 360,51 \text{ А}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 88-32 со следующими номинальными данными $I_{\text{н.а}} = 125 \text{ А}$, $I_{\text{н.р}} = 125 \text{ А}$ [12]. Условия (12.9) и (12.10) выполняются.

$$125 \geq 125 \geq 51,7 \text{ A}$$

$$k_{\text{кр.}} = \frac{360,51}{125} = 2,88$$

$$k_{\text{кр.}} = 2,88 \leq 10$$

Условие (12.10) выполняется, данный автоматический выключатель выбран верно. Дальнейший расчет и выбор ведется аналогично. Результаты расчета сведем в таблицы 16.

Таблица 16 – Выбор автоматических выключателей для силовых распределительных пунктов.

№ СП	I_p , А	I_p .кн	$I_{\text{пик}}$	Тип выключателя	$I_{\text{н.а}}$	$I_{\text{н.р}}$	$I_{\text{ок}}$	$K_{\text{кр}}$	$K_{\text{кр}}$ ном
1	47	51,7	300,4242	ВА 88-32	125	125	360,51	2,88	10
2	46	50,6	299,3242	ВА 88-32	125	125	359,19	2,87	10
3	61	67,1	315,8242	ВА 88-32	125	125	378,99	3,03	10

Для розеточных групп устанавливается дифавтомат, он служит для предохранения электрической сети от перегрузки, короткого замыкания и утечек. Розеточные группы

Таблица 17 – Выбор дифавтоматов для розеточных групп

№ЭП	кол-во розеток	$I_{\text{расч}}$, А	Тип выключателя	$I_{\text{ном.а}}$
Первый этаж				
склад запчастей	1	2,50	АВДТ-63 16А	16
комната мастера	2	14,60	АВДТ-63 16А	16
Инструментальная	1	2,50	АВДТ-63 16А	16
Диагностика	1	4,80	АВДТ-63 16А	16
Серверная	1	9,60	АВДТ-63 16А	16
Санузел	1	2,10	АВДТ-63 16А	16
Универсальная кабина	1	3,20	АВДТ-63 16А	16
Касса	2	9,50	АВДТ-63 16А	16
Склад ГСМ	1	3,40	АВДТ-63 16А	16
Оператор мойки	1	2,30	АВДТ-63 16А	16
Помещение для хранения инвентаря	1	2,50	АВДТ-63 16А	16
Шиномонтаж	2	17,60	АВДТ-63 16А	16
Второй этаж				
гардероб	1	2,40	АВДТ-63 16А	16
бытовое помещение	1	8,60	АВДТ-63 16А	16
сушилка	1	12,80	АВДТ-63 16А	16
бухгалтерия	4	17,80	АВДТ-63 16А	16
санузел	1	2,10	АВДТ-63 16А	16
санузел	1	2,10	АВДТ-63 16А	16

душевая	1	14,80	АВДТ-63 16А	16
административное	4	17,50	АВДТ-63 16А	16
учебный класс	4	12,90	АВДТ-63 16А	16
директор	4	12,90	АВДТ-63 16А	16
Санузел	1	2,10	АВДТ-63 16А	16

1.5 Укрупненный расчет показателей стоимости проектируемой сети

В таблице 18 указан полный объем затрат на электроснабжение автотехцентра.

Таблица 18 – Расчет показателей стоимости проектируемой сети

Наименование	Цена Куд/шт/м, руб	Количество n / длина, м	Капиталовложение К, руб
Кабели			
АВВГ 4х4	36,98	336,26	12434,8948
АВВГ 4х35	232,86	144,82	33722,7852
АВВГ 4х70	381,32	10,51	4007,6732
ВВГ 5х1,5	107	1400	149800
ВВГ 5х2,5	157	600	94200
Итого			50165,3532
Силовые пункты			
ЩРН-П-8-125	793	3	2379
Итого			2379
Выключатели автоматические			
ВА 51-25 25А	1269	16	20304
ВА 51-31, 100А	3782	7	26474
ВА 88-32	3800	3	11400
ВА 51-33 160А	3789	1	3789
Итого			61967
Светильники			
G5 T5	2338	1	2338
E40	1543	1	1543
E40 M88	8261	3	24783
E27	1050	2	2100
LHB-UFO-VC	2550	2	5100
VRN-UNE-240T-G40K67	13920	2	27840
E27 T120	325	1	325
VRN-UNE-240T-G40K67-U90	13920	1	13920
HBA AL 400H	22011	4	88044
E27 A60	61	1	61
E27/E40 T160	1746	122	213012
E27 A65	54	8	432
KEDR СБУ	33075	22	727650
Итого			1107148
Аварийные светильники			

IEK LDPA0-2101-30- K01	1900	107	203300
Табло IEK CCA1001	950	30	28500
			231800
Розетки			
Сдвоенные SE Glossa	272	16	4352
Одинарные ASD	98	21	2058
Итого		37	6410
Дифавтоматы			
АВДТ-63 16А	950	23	21850
Итого		23	21850
Итого общее			1249919,353

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был проведен расчет электроснабжения автотехцентра г.Красноярск, Северное Шоссе 17д.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система электроснабжения автотехцентра.

Проанализированы технические данные для разработки системы электроснабжения и произведены расчеты электрических нагрузок. Выбрано самое современное электрооборудование для защиты линий электроснабжения. Были выбраны марки и типы кабельных линий. Рассчитано основное, аварийное освещение и короткое замыкание. Произведена проверка сети.

Задачи для достижения цели выпускной квалификационной работы были выполнены, а цель выпускной квалификационной работы была достигнута.

Проектирование электроснабжения было произведено в соответствии с действующими нормами и правилами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Справочник для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг – Москва : Книга по Требованию, 2012. – 381 с.

РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с.

Каталог автоматических выключателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/viewer?url=/files/2013/03/20/Katalog-avtomaticheskikh-vykljuchatelej.pdf>

Кабель АВВГ – Цена, расшифровка, характеристики и все сечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/avvg/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/avvg/)

Кабель ВВГ – Цена, расшифровка, характеристики и все сечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://220.guru/electroprovodka/provoda-kabeli/kabel-vvg.html>

Федоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий [Текст]: Учеб. пособие для вузов/ Федоров, А. А., Старкова, Л. Е – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.

Федоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий [Текст]: Учебник для вузов/ Федоров, А. А., Каменева, В. В. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с., ил.

Электроснабжение [Текст]: Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию: В 2 ч. Ч. 1 / Синенко, Л. С., Рубан, Т. П., Сизганова, Е. Ю., Попов, Ю. П. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 135 с.

Справочник по электроснабжения промышленных предприятий [Текст]: Проектирование и расчет/ А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович, В.И. Мозырский, Д.И. Розинский. - К.: Техніка, 1985. – 279 с., ил.

Расчетные нагрузки промышленных предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://websor.ru/elektrosnabzhenie/raschet-nagruzok/raschet-nagruzki_prom_predpriyati/tablica3_1/.

Долин П.А., Медведев В.Т., Корочков В.В., Монахов А.Ф.
Электробезопасность. Теория и практика: учебное пособие для вузов, 3-е
изд., перераб. и доп. под ред. Медведева В.Т. Москва: Издательский дом МЭИ,
2012. 280с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия
« 19 » 08 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

«Проектирование системы электроснабжения автотехцентра г.Красноярск,
Северное Шоссе 17д.»
тема

Руководитель	<u>Г.Н.Чистяков</u> подпись, дата	<u>доцент, к.т.н.</u> должность, ученая степень	<u>Г.Н.Чистяков</u> инициалы, фамилия
Выпускник	<u>А.Д.Минов</u> подпись, дата		<u>А.Д.Минов</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	<u>И.А.Кычакова</u> подпись, дата		<u>И. А. Кычакова</u> инициалы, фамилия

Абакан 2021