

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального 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

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение дискаунтера «Хороший» по адресу г. Кызыл,  
ул. Московская, 30/2

тема

Руководитель \_\_\_\_\_  
подпись, дата

доцент, к.т.н.  
должность, ученая степень

А. В. Коловский  
инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_  
подпись, дата

И. А. Якубов  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
подпись, дата

И. А. Кычакова  
инициалы, фамилия

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение дискаунтера «Хороший» по адресу г. Кызыл, ул. Московская, 30/2» содержит 50 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала, приложений нет.

ОСВЕЩЕНИЕ, СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ.

Объект электроснабжения - дискаунтер «Хороший» г. Кызыл, ул. Московская, 30/2.

Основной целью разработки схемы электроснабжения является обеспечение электроэнергией надлежащего качества с учетом возможности роста электропотребления. Основная задача – разработать схему электроснабжения таким образом, чтобы она соответствовала современным требованиям безопасности, надежности и экономичности.

В процессе проектирования были рассчитаны электрические нагрузки для каждого уровня электроснабжения, после чего была спроектирована схема электроснабжения дискаунтера. Для схемы электроснабжения были выбраны удовлетворяющие всем техническим требованиям сечения кабелей и аппараты защиты. Проверка оборудования по токам короткого замыкания показала правильность выбора аппаратов защиты. В результате проектирования разработана система электроснабжения, соответствующая всем современным требованиям.

## **THE ABSTRACT**

Final qualifying work on the theme “Electrosupply of the discounter“ Good ”at Kyzyl, st. Moskovskaya, 30/2 ”contains 50 pages of a text document, 25 sources used, 3 sheets of graphic material, no applications.

**LIGHTING, LIGHT ENGINEERING CALCULATION, ELECTROTECHNICAL CALCULATION, SELECTION OF EQUIPMENT, VERIFICATION OF EQUIPMENT, SHORT CIRCUIT CURRENT, ELECTRIC LOADS, VOLTAGE LOSSES.**

The object of power supply - discounter "Good" Kyzyl, st. Moscow, 30/2.

The main purpose of the development of the power supply scheme is to provide electricity of adequate quality, taking into account the possibility of increasing power consumption. The main task is to develop the power supply scheme in such a way that it meets modern requirements for safety, reliability and economy.

In the design process, electrical loads were calculated for each level of power supply, after which a discounter power supply circuit was designed. For the power supply scheme, cable sections and protection devices that meet all technical requirements were selected. Checking the equipment for short-flush currents showed the correct selection of protection devices. As a result of the design, a power supply system has been developed that meets all modern requirements.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Теоретическая часть.....	8
1.1 Нормативные требования к системе электроснабжения общественных зданий .....	8
1.1.1 Особенности электроснабжения общественных зданий.....	8
1.1.2 Требования нормативных документов при проектировании .....	10
1.2 Характеристика объекта проектирования .....	13
2 Аналитическая часть.....	15
2.1 Светотехнический расчет системы освещения .....	15
2.2 Электротехнический расчет системы освещения.....	23
2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов .....	27
2.3.1 Расчет нагрузки ВРУ.....	27
2.3.2 Расчет электрических нагрузок и пусковых токов первого уровня электроснабжения .....	28
2.3.3 Расчет электрических нагрузок второго уровня электроснабжения .....	29
2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам.....	32
2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта .....	34
2.5.1 Выбор кабельной линии от трансформаторной подстанции и вводного автомата.....	34
2.5.2 Выбор ВРУ и вводного автомата.....	34
3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения	36
3.1 Выбор коммутационных аппаратов .....	36
3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции.....	37
3.3 Выбор прочих электрических устройств .....	39
3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения .....	40
3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования.....	43
3.5.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания.....	43
3.5.2 Проверка защитных аппаратов сети на отключающую способность.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	47

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире стоят задачи развития промышленности путем всемирной интенсификации и повышения эффективности производства на базе ускорения научно-технического прогресса.

В области электроснабжения потребителей эти задачи предусматривают повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональную эксплуатацию высоконадежного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при ее передаче, распределении и потреблении.

В настоящее время программа развития электроэнергетики в России рассчитана на долгосрочную перспективу. При снабжении потребителей энергией важно осуществлять комплексный подход на всех этапах работ. Так же огромную роль в условиях рыночной экономики имеет, помимо всего прочего, экономическая эффективность принятых решений и дальнейшая перспектива развития затронутой отрасли.

Проектирование систем электроснабжения для супермаркетов, дискаунтеров, офисных, торговых и развлекательных центров, ресторанов, кинотеатров и других крупных нежилых помещений начинается с разработки технического задания, в котором отражается необходимая мощность, уровень нагрузок и генплан.

Во время второго этапа проектирования систем электроснабжения рассчитывается мощность, определяется тип кабелей и схема их прокладки, расположение оборудования и узлов для подачи напряжения. На этом же этапе происходит подбор защитно-коммутационного оборудования.

Электроснабжение дискаунтера напрямую зависит от вида предлагаемой продукции. В продуктовых дискаунтерах энергоснабжение обуславливается, прежде всего, наличием холодильных установок, это холодильные и морозильные витрины/шкафы, бары для прохладительных напитков, холодильные камеры и сплит системы, шкафы шоковой заморозки, кассовые аппараты и весовые приборы.

Особенность электроснабжения объектов торговли заключается не только в густоте внутренних электросетей, но так же, в мощностях потребления электроэнергии различными установками. Холодильные установки, вспомогательные приборы и системы, в состав которых входят различные электрические двигатели, потребляют намного больше электроэнергии, чем осветительные приборы, что требует более серьезной схемы электроснабжения объекта торговли с учетом заземления электрических приборов.

Один из важных факторов, который влияет на продажи в торговых дискаунтеров – это освещение. При создании комфортной обстановки для покупателя освещение является очень важной составляющей, которая может как увеличивать продажи, так и уменьшать их. Современный уровень освещенности в торговых залах дискаунтеров согласно сводам правил составляет величину до 400-500 люкс при общем освещении.

Задача данной бакалаврской работы – спроектировать систему электроснабжения, соответствующую основным положениям энергетической стратегии России на период до 2030 года, одобренным правительством Российской Федерации в 2009 году (распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. N 1715-р).

Объект проектирования – дискаунтер «Хороший», расположенный по адресу: г. Кызыл, ул. Московская, 30/2.

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

Цель бакалаврской работы – спроектировать систему электроснабжения дискаунтера «Хороший».

Основными задачами бакалаврской работы являются:

- 1) расчет электрических нагрузок групп электрических приемников;
- 2) расчет электрического освещения;
- 3) разработка схем питания силовых электрических приемников здания дискаунтера и выбор наиболее оптимальной, исходя из технико-экономического сравнения вариантов;
- 4) выбор сетевых электрических устройств, аппаратов защиты и проводников;
- 5) расчет токов короткого замыкания и проверка элементов электрической сети.

## **1 Теоретическая часть**

### **1.1 Нормативные требования к системе электроснабжения общественных зданий**

#### **1.1.1 Особенности электроснабжения общественных зданий**

Общественными являются следующие здания: различные учреждения и организации управления, финансирования, кредитования, госстраха, просвещения, дошкольные, библиотеки, архивы, предприятия торговли, общепита, бытового обслуживания населения, гостиницы, лечебные учреждения, музеи, зрелищные предприятия и спортивные сооружения.

Все электроприемники общественных зданий условно можно разделить на две группы: осветительные и силовые. В основных помещениях общественных зданий применяют светильники с люминесцентными и светодиодными лампами в исполнении, соответствующем условиям среды и выполняемой работы. Используют также металлогалогенные, натриевые, ксеноновые лампы для внутреннего и наружного освещения. Во вспомогательных помещениях (склады, кладовые) применяют лампы светодиодные.

К силовым электроприемникам относятся электроприемники механического и электротеплового оборудования, холодильных машин, подъемно-транспортного оборудования, санитарно-технических установок, связи, сигнализации, противопожарных устройств и др.

Общественные здания имеют также приточно-вытяжные вентиляционные установки, широко применяются системы кондиционирования воздуха, насосы систем горячего и холодного водоснабжения. Большинство механизмов оборудовано асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором.

Схемы электроснабжения и электрооборудование общественных зданий имеют ряд особенностей по сравнению с таковыми жилых зданий:

- значительная доля силовых электроприемников;
- специфические режимы работы этих электроприемников;
- другие требования к освещению ряда помещений;
- возможность встраивания ТП в некоторые из общественных зданий.

Расчеты и опыт эксплуатации показали, что при потребляемой мощности более 400 кВА целесообразно применять встроенные подстанции, в том числе комплектные. Это имеет следующие преимущества:

- экономия цветных металлов;
- исключение прокладки внешних кабельных линий до 1 кВ;
- отсутствие необходимости в устройстве отдельных ВРУ в здании, так как ВРУ можно совместить с РУ 0,4 кВ подстанции.

Однако нормы и правила исключают встраивание подстанций в здания учебных заведений, дошкольных учреждений, лечебных корпусов больниц, жилые зоны гостиниц и т.п. [6, 7].

Для потребителей 1 категории надежности применяют, как правило, двухтрансформаторные ТП, но возможно использование и однострансформаторных ТП при условии резервирования (перемычки и АВР по низкому напряжению).

Для потребителей II и III категорий надежности электроснабжения устанавливают однострансформаторные ТП.

Распределение электроэнергии в общественных зданиях производится по радиальным или магистральным схемам.

Для питания электроприемников большой мощности (крупные холодильные машины, электродвигатели насосных, крупные вентиляционные камеры и др.) применяют радиальные схемы. При равномерном размещении электроприемников небольшой мощности по зданию используют магистральные схемы.

В общественных зданиях рекомендуется питающие линии силовых и осветительных сетей выполнять раздельными. Как и в жилых зданиях, на вводах питающих сетей в общественные здания устанавливают ВРУ с аппаратами защиты, управления, учета электроэнергии, а в крупных зданиях — и с измерительными приборами. На вводах обособленных потребителей (торговых предприятий, отделений связи и др.) устанавливают дополнительно отдельные аппараты управления. На вводах в распределительные пункты или щитки также устанавливают аппараты управления. Там, где это целесообразно по условиям эксплуатации, применяют, например, автоматические выключатели, которые совмещают в себе функции защиты и управления [8].

На каждой отходящей от ВРУ питающей линии устанавливают аппарат защиты. Аппарат управления может быть общим для нескольких линий, сходных по назначению и режиму работы.

Светильники эвакуационного и аварийного освещения присоединяют к сети, независимой от сети рабочего освещения, начиная от щита ТП или от ВРУ. Так, например, при двухтрансформаторной ТП рабочее, эвакуационное и аварийное освещение присоединяют к разным трансформаторам. Силовые распределительные пункты, щиты и щитки располагают, как правило, на тех же этажах, где находятся электроприемники. Силовые электроприемники, присоединяемые к распределительным пунктам, щитам и щиткам, группируют с учетом их технологического назначения.

Электроприемники небольшой, но равной или близкой по значению установленной мощности соединяют в "цепочку", что обеспечивает экономию проводов и кабелей, а также уменьшение количества аппаратов защиты на распределительных пунктах [9].

Групповые распределительные щитки осветительной сети по архитектурным условиям располагают на лестничных клетках, в коридорах и т.п.

Отходящие от щитков групповые линии могут быть:

- однофазными (фаза + нуль);
- двухфазными (две фазы + нуль);

– трехфазными (три фазы + нуль).

Предпочтение следует отдавать трехфазным четырехпроводным групповым линиям, обеспечивающим втрое большую нагрузку и в шесть раз меньшую потерю напряжения по сравнению с однофазными групповыми линиями.

Существуют нормы по устройству групповых осветительных сетей. Распределение нагрузок между фазами сети освещения должно быть по возможности равномерным. Это относится к групповым линиям освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий, подвалов и чердаков. В целях экономии электроэнергии в помещениях с боковым естественным освещением предусматривают автоматическое отключение светильников рядами, параллельными окнам, в зависимости от требуемой освещенности.

### **1.1.2 Требования нормативных документов при проектировании**

Требования научно-технического прогресса диктуют необходимость совершенствования электроэнергетики: создания экономичных надежных систем электрификации промышленных предприятий, бытовых и общественных помещений, развития электрических сетей и электрооборудования.

Определение электрических нагрузок является первым этапом проектирования любой системы электрификации. Значения электрических нагрузок определяют выбор всех элементов и технико-экономические показатели проектируемой системы электрификации. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на электрификацию, расход цветного металла, потери электроэнергии и эксплуатационные затраты. Ошибки при определении электрических нагрузок приводят к аварийным режимам сетей и ухудшению технико-экономических показателей объекта проектирования.

Электрические нагрузки любого общественного здания складывается из нагрузок электрического освещения и силового электрооборудования. При расчетах электрической сети необходимо учитывать коэффициент спроса  $K_c$ , представляющий собой отношение расчетной потребляемой мощности (нагрузки) к установленной мощности работающих электроприемников.

Силовая нагрузка приемника определяется его установленной мощностью, умноженной на коэффициент спроса. Коэффициенты берутся из [14], в основном используется методика, указанная в СП 256.1325800.2016 [14].

Для новых и реконструируемых электроустановок жилых и общественных зданий выполняются проекты электроснабжения, которые проходят требуемые согласования, в соответствии с проектами осуществляется монтаж электроустановок зданий, производятся измерения и испытания электроустановок, комплектация электрозащитными средствами, организуется эксплуатация электрохозяйства и осуществляется допуск

электроустановок в эксплуатацию органами госэнергонадзора (Ростехнадзора). Далее электроустановка здания эксплуатируется в соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей или в соответствии с Правилами технической эксплуатации станций и сетей РФ.

Электроснабжение жилых и общественных зданий осуществляется на основании следующих документов:

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей содержатся следующие требования:

- п. 1.3.2. До начала монтажа или реконструкции электроустановок необходимо:

- получить технические условия в энергоснабжающей организации;
- выполнить проектную документацию.

- п. 1.8.1. У каждого Потребителя должна быть следующая техническая документация:

- генеральный план с нанесенными зданиями, сооружениями и подземными инженерными коммуникациями;
- утвержденная проектная документация (чертежи, пояснительные записки и др.) со всеми последующими изменениями.

Проектирование электроустановок осуществляется в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок издания 7-е (ПУЭ).

Требования к организации учета электрической энергии указаны в главе 1.5. ПУЭ и в разделе 16, 17 «Учет электроэнергии, измерительные приборы» СП 256.1325800.2016 «Свода правил по проектированию и строительству». Также проектирование осуществляется на основании ряда Государственных стандартов РФ, руководящих документов, ведомственных норм и правил, технических циркуляров и других документов.

Исходные данные для выполнения проекта жилого или общественного здания:

- Предпроектные изыскания.

- Договор на технологическое присоединение электроустановок юридических и физических лиц к электрическим сетям.

Неотъемлемая часть договора - условия технологического присоединения. Эти документы потребитель получает в установленном порядке в сетевой организации на основании п.6. Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств (энергетических установок) юридических и физических лиц к электрическим сетям.

- Справка сетевой организации о выполнении условий технологического присоединения (при наличии) (Правила технологического присоединения, п. 18, пп. «д»)

- Акт о технологическом присоединении (при наличии) (Правила технологического присоединения, п. 19) — для реконструируемых электроустановок.

- Акт разграничения сетей по имущественной (балансовой)

принадлежности и эксплуатационной ответственности между энергоснабжающей (сетевой) организацией и Потребителем (для реконструируемых электроустановок) при наличии (ПТЭЭП, п. 1.8.1, Правила технологического присоединения, п. 19).

- Техническое задание на проектирование электроустановок (в соответствии со ст. 759 Гражданского Кодекса РФ). В Техническом задании должны быть предусмотрены и указаны основные параметры для проектирования электроустановки.

Основные требования к составу проектной документации содержатся в Постановлении Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» и в ГОСТе Р 21.1101-2013 СПДС «Основные требования к проектной и рабочей документации».

Основные требования к электрооборудованию жилых и общественных зданий изложены в:

- Правилах устройства электроустановок (ПУЭ 7-е издание);
- СП 256.1325800.2016 «Свод правил по проектированию и строительству»;
- РД 34-20-185 «Инструкции по проектированию городских электрических сетей»;
- РД 34.20.185-94 (утв. Минтопэнерго РФ 7 июля 1994 г.);
- иных документах, обязательного применения, утвержденных Перечнем национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" (утв. распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 1047-р).

Краткие требования к Техническому заданию по содержанию проекта электроснабжения жилого или общественного здания:

- изучение представленных планов с инженерными сетями участка и поэтажных планов объекта для принятия технических решений;
- проектирование наружно и внутреннего электроснабжения объекта;
- выбор и обоснование категории надежности электроснабжения объекта;
- выбор мест установки вновь проектируемого электрооборудования в соответствии с переданной Заказчиком технической документации по иным инженерным системам (вентиляция и кондиционирование, водоснабжение и водоотведение, телефонизация, пожаро-охранная сигнализация, связь, ТВ, Интернет, и т.д.);
- выполнение необходимых расчетов и чертежей на основании и в соответствии с переданными Заказчиком исходными данными (поэтажными планами, ситуационными планами, архитектурными и дизайнерскими решениями);
- расчеты токов короткого замыкания;
- расчет и выбор питающих линий, аппаратов защиты;

- расчет электрических нагрузок;
- согласование проекта с заинтересованными организациями – при необходимости в соответствии с действующим законодательством;
- требования к применяемым материалам и оборудованию;
- проектируемые материалы и оборудование должны соответствовать условиям эксплуатации и электробезопасности, кабельно-проводниковая продукция и электроустановочные изделия выбираются в соответствии с техническим заданием Заказчика;
- выбор системы молниезащиты объекта;
- сроки ввода объекта в эксплуатацию;
- ответственные за выполнение указанных пунктов исполнители;
- стыковки по срокам с исполнителями других разделов проекта и стыковки размещения оборудования по другим разделам проекта;
- привязка типовых проектов;
- сводный план наружных инженерных сетей в определенном масштабе для нанесения вновь проектируемых инженерных сетей и зданий, в соответствии с требованиями государственных стандартов РФ.

## **1.2 Характеристика объекта проектирования**

Торговый дискаунтер «Хороший» компании «Командор», крупнейшего в Восточной Сибири продовольственного ритейлера, расположен в городе Кызыл Республики Тыва по улице ул. Московская. 30/2, режимы работы дискаунтера с 8:00 до 23:00 без обеда и выходных.

Специализация дискаунтера заключается в продаже смешанной формы торговли товаров. Общая площадь «Хорошего» – 600 квадратных метров. В его ассортименте 2500 наименований образцов отечественной продукции. Среди них мясные и рыбные полуфабрикаты, свежие овощи и фрукты, прохладительные напитки, разнообразные консервы, товары для сада, огорода и многое другое.

Дискаунтер предусматривает наличие производственных, служебных, вспомогательных и бытовых помещений. Холодильное, силовое и тепловое оборудование различного назначения размещены в торговом зале и блоке прочих помещений. Наиболее мощный электроприемник – тепловая электрическая завеса "Тепломаш" мощностью 12 кВт.

Потребители электроэнергии относятся ко II категории надежности электроснабжения. По роду тока электроприёмники относятся к потребителям, работающим от сети переменного тока промышленной частоты (50 Гц). Количество рабочих смен – 2. Грунт в районе дискаунтера – супесь. Климатические параметры Кызыла находится в умеренном резко континентальном климате. Каркас здания сооружен из блоков-секций, длиной 6 м каждый. Здание дискаунтера имеет 1 этаж. Площадь дискаунтера 600 м<sup>2</sup>. Высота помещений 3,72 м.

Ведомость электрических нагрузок дискаунтера представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Ведомость электрических нагрузок дискаунтера

№	Наименование ЭП	Мощность ЭП, кВт	U <sub>ном</sub> , В
1	2	3	4
1	Шкаф холодильный ШХ-0,5	0,35	220
2	Электросушилка для рук	1,5	220
3	Тепловая завеса «Тепломаш»	12	380
4	Весы-платформа	0,2	220
5	Ларь морозильный Снеж МЛК-500	0,3	220
6	Ларь морозильный Снеж МЛК-500	0,3	220
7	Шкаф холодильный ШХ-700	0,5	220
8	Шкаф холодильный ШХ-700	0,5	220
9	Шкаф пекарский Унох 805	15,2	380
10	Шкаф пекарский Унох 805	15,2	380
11	Шкаф пекарский Унох 805	15,2	380
12	Тестораскаточная машина.SH50B	0,25	220
13	Тестомес спиральный Sinmag SM 50	3,0	380
14	Тестомес спиральный Sinmag SM 50	3,0	380
15	Мукосей	1,1	220
16	Хлеборезка	0,5	220
17	Бойлер	3,5	220
18	Весы	0,2	220
19	Весы	0,2	220
20	Упаковщик	0,5	220
21	Бойлер	3,5	220
22	Тепловая завеса «Тепломаш»	6	380
23	Тепловая завеса «Тепломаш»	6	380
24	Тепловая завеса «Тепломаш»	3	380
25	Весы	0,2	220
26	Весы	0,2	220
27	Весы	0,2	220
28	Весы	0,2	220
29	Тепловентилятор Ballu ВКХ-2	2	220
30	Тепловентилятор Ballu ВКХ-2	2	220
31	Тепловентилятор Ballu ВКХ-2	2	220
32	Тепловентилятор Ballu ВКХ-2	2	220
33	Ларь-бонета морозильная Levin ARTICA 2500 НТ	0,5	220
34	Ларь-бонета морозильная Levin ARTICA 2500 НТ	0,5	220
35	Ларь-бонета морозильная Levin ARTICA 2500 НТ	0,5	220
36	Ларь-бонета морозильная Levin ARTICA 2500 НТ	0,5	220
	Итого	102,8	

## 2 Аналитическая часть

### 2.1 Светотехнический расчет системы освещения

Правильное выполнение осветительных установок способствует рациональному использованию электроэнергии, улучшению качества выпускаемой продукции, повышению производительности труда, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижению утомляемости рабочих.

При проектировании осветительных установок большое значение имеет правильное определение требуемой освещенности объекта. Для этой цели разработаны нормы промышленного освещения. Освещение по своему назначению и использованию делится на рабочее, аварийное и эвакуационное.

Размещение светильников определяется следующими размерами (рисунок 2.1):

$h_c$  – расстояние светильника от перекрытия,

$h_{\Pi} = H - h_c$  – высота светильника над полом,

$h_p$  – высота расчетной поверхности над полом,

$h = h_{\Pi} - h_p$  – расчетная высота,

$L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами ламп,

$l$  – расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены.

Основное требование при выборе расположения светильников заключается в доступности при их обслуживании. Кроме того, размещение светильников определяется условие экономичности. Важное значение имеет отношение расстояния между светильниками или рядами светильников к расчетной высоте

$$\lambda = L / h, \quad (2.1)$$

уменьшение его приводит к удорожанию осветительной установки и усложнению ее обслуживания, а чрезмерное увеличение приводит к резкой неравномерности освещения и к возрастанию расходов энергии.

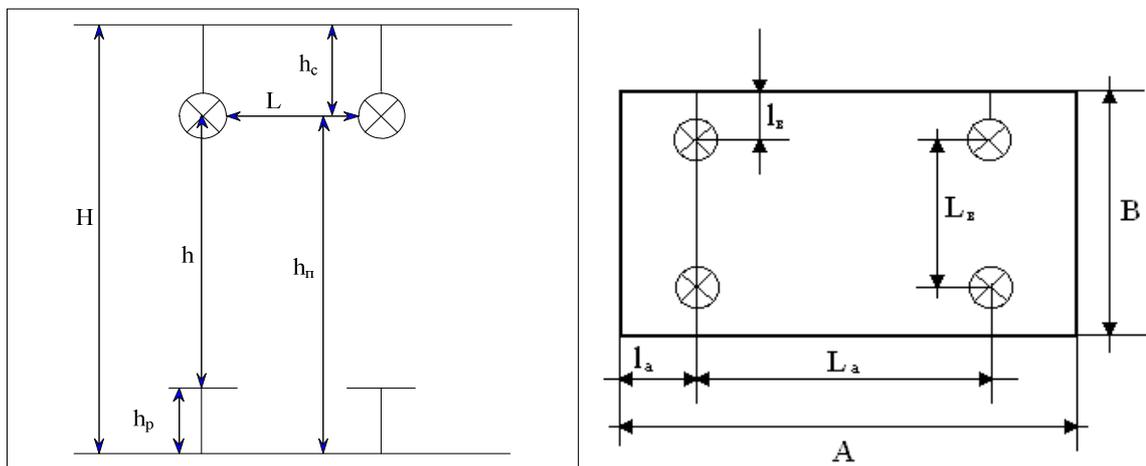


Рисунок 2.1 – Параметры для расчета освещения

В соответствии с СП 52.13330.2016 для рабочего освещения применим светодиодные лампы (п. 7.2-7.3 указанного СП), для аварийного (эвакуационного) – светодиодные лампы (п. 7.112 указанного СП).

Проектом предусмотрено рабочее и аварийное (эвакуационное) электроосвещение.

Общее освещение запроектировано потолочными светильниками с молочными рассеивателями светильниками со светодиодными лампами (светильники для светодиодных ламп приняты в техподполье и для освещения входов).

Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения и помечаются специальным знаком.

По путям эвакуации установлены светильники эвакуационного освещения, указатель медпункта, узла связи и пожарного поста.

Для местного освещения в аварийных режимах и для освещения чердака применяются переносные аккумуляторные светильники типа "Кузбасс".

Световые указатели и указатели "Выход" устанавливаются разделом пожарная сигнализация.

Управление освещением производится выключателями, установленными у входов со стороны дверной ручки.

В помещениях предусматривается раздельное включение линий светильников.

Стадия расчета электроосвещения очень важна при проектировании. Правильно спроектированная система освещения способствует более безопасной работе персонала, снижению утомляемости, более рациональному использованию электрической энергии.

В данном проекте предусматривается:

- рабочее освещение;
- аварийное (эвакуационное) освещение.

Ввиду отсутствия помещений к которым применяются особые требования по освещению, ремонтное освещение выполняется с

использованием фонарей на аккумуляторных батареях. Рекомендации по проектированию систем освещения взяты из СП 256.1325800.2016 [14] и СП 52.13330.2016 [15].

Произведем светотехнический расчет системы рабочего освещения.

На данном этапе проектирования определяются тип источников света, наиболее рациональные места установки светильника, а так же высота их установки, способ крепления и способы управления освещением. Для освещения основных помещений объекта использованы светильники следующих марок:

- светильник НПБ1101 со светодиодной лампой LL-A60-11-230-40E27, мощностью 10 Вт световой поток одной лампы 1000 лм;

- светильник Polaris 414 A01 со светодиодными лампами, мощность одной лампы 14 Вт, световой поток одной лампы 1000 лм, количество ламп в светильнике – 4 (квадратный);

- светильник Pollux В 218 Н40 со светодиодными лампами, мощность одной лампы 18 Вт, световой поток одной лампы 1100 лм, количество ламп в светильнике – 2 (круглый);

- светильник Varat 235I69 РС со светодиодными лампами, мощность одной лампы 35 Вт, световой поток одной лампы 2880 лм, количество ламп в светильнике – 2 (прямоугольный);

- светильник Nord 236 I83 HF со светодиодными лампами, мощность одной лампы 36 Вт, световой поток одной лампы 2800 лм, количество ламп в светильнике – 2 (прямоугольный).

Данные светильники имеют степень защиты IP 65. Способ крепления светильников был выбран исходя из ведомости отделки помещений. Исходя из этого, было решено осуществить подвес светильников к потолку. Управление освещением выполнено с помощью проходных, одноклавишных и двухклавишных выключателей. Выключатели установлены у мест входа в помещения здания, либо в наиболее рациональных местах их установки. Высота установки выключателей над уровнем пола – 1,8 м. Это обеспечит удобное управление освещением и защитит систему от случайных прикосновений сотрудников и посетителей.

Светотехнический расчет будем производить по методу использования светового потока. Основная формула определения количества светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.2)$$

где  $E_{\min}$  - минимальная нормированная освещенность, лк;

$k$  – коэффициент запаса;

$S$  – освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

$N$  – число светильников;

$n$  – число ламп в светильнике;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Нормированную освещенность для помещений будем выбирать по СП 52.13330.2016 [15]. Коэффициент запаса  $k$  учитывает запыленность помещения, снижение светового потока ламп в процессе эксплуатации. Так как данный объект относится к объектам с низкой запыленностью, а так же с отсутствием паров кислот и щелочей, значение коэффициента запаса примем равным 1,5. Коэффициент минимальной освещенности  $Z$  характеризует неравномерность освещения. Он является функцией многих переменных, точное его определение затруднительно, но в наибольшей степени он зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте. При расположении светильников в линию (ряд), рекомендуется принимать  $Z = 1,1$  для со светодиодными ламп. Для определения коэффициента использования светового потока  $\eta$  находят индекс помещения  $i$  и предполагаемые коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка  $r_n$ , стен  $r_c$ , пола  $r_p$ . Обычно для светлых административно конторских помещений  $r_n=70\%$ ,  $r_c=50\%$ ,  $r_p=30\%$ .

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (2.3)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $h$  - длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м. Высота подвеса каждого светильника – 3,72 м.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в [15]. Параметры для расчета количества светильников приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет количества светильников в помещениях

№	Наименование	$E_{min}$ , лк	k	S, м2	z	Световой поток одной лампы $\Phi_{лм}$	Число ламп в светильнике	Световой поток светильника $\Phi_{св}$ , лм	Тип лампы	i	$\eta$	N, шт.	Мощность одной лампы, Вт	Мощность светильника, Вт	Тип светильника
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Входная зона и пост охраны	400	1,5	72	1,1	2800	2	5600	Nord-36	0,54	0,28	6	36	72	Nord 236 I83 HF
2	Лестница	50	1,5	18	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,69	0,28	2	14	56	Polaris 414 A01
3	Торговый зал	400	1,5	486	1,1	2800	2	5600	Nord-36	2,9	0,49	81	36	72	Nord 236 I83 HF
4	Зона загрузки	150	1,5	34,6	1,1	1100	2	2200	Pollux-B	1	0,49	7	20	40	Pollux B 218 H40
5	Камера средняя	50	1,5	10,4	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,6	0,28	3	10	10	НПБ1101
6	Камера низкая	50	1,5	8,2	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,58	0,28	2	10	10	НПБ1101
7	Склад пекарни	50	1,5	8,5	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,59	0,28	2	10	10	НПБ1101
8	Склад пекарни	50	1,5	8,6	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,59	0,28	2	10	10	НПБ1101
9	Коридор	75	1,5	15,5	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,66	0,28	6	10	10	НПБ1101
10	Коридор	75	1,5	4,4	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,54	0,28	2	10	10	НПБ1101
11	Санузел	75	1,5	5,1	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,55	0,28	2	10	10	НПБ1101

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12	Столовая	300	1,5	5,7	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	1	14	56	Polaris 414 A01
13	Подсобное помещение	100	1,5	6,4	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,56	0,28	1	14	56	Polaris 414 A01
14	Фасовка	150	1,5	6,4	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	1	14	56	Polaris 414 A01
15	Раздевалка женская	200	1,5	4,8	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	1	14	56	Polaris 414 A01
16	Кабинет приемщика	300	1,5	3,1	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	1	14	56	Polaris 414 A01
17	Кабинет кассира	300	1,5	4,1	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	1	14	56	Polaris 414 A01
18	Кабинет директора	300	1,5	6,3	1,1	1100	2	2200	Pollux-B	1	0,49	2	20	40	Pollux B 218 H40
19	Серверная	75	1,5	2,5	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,53	0,28	1	10	10	НПБ1101
20	Кабинет	300	1,5	3,4	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	1	14	56	Polaris 414 A01
21	Коридор	75	1,5	10,3	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,6	0,28	1	14	56	Polaris 414 A01
22	Раздевалка	200	1,5	2,9	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	1	0,49	1	10	10	НПБ1101
23	Склад упаковки	75	1,5	2,6	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,53	0,28	1	10	10	НПБ1101
24	Пекарня	300	1,5	38,1	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	12	14	56	Polaris 414 A01

Мощность освещения определяется по формуле:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}, \quad (2.4)$$

где активная мощность освещения:

$$P_{\text{осв}} = N P_{\text{ном}} K_c K_{\text{пра}}, \quad (2.5)$$

где  $N$  – количество ламп;  $P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность светильника, кВт;  
 $K_c$  – коэффициент спроса. Коэффициент спроса для расчета групповой сети рабочего освещения, распределительных и групповых сетей эвакуационного и аварийного освещения зданий, следует принимать равным согласно [17, 21];  $K_{\text{пра}}$  – коэффициент пускорегулирующей аппаратуры, для светодиодных ламп  $K_{\text{пра(СЛ)}} = 1,3$ ;

реактивная нагрузка осветительной сети:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.6)$$

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

Расчет мощности освещения представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчет мощности освещения помещений дискаунтера

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном},$ кВт	$K_c$	$K_{ПРА}$	$P_{осв},$ кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$Q_{осв},$ кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Входная зона и пост охраны	6	0,072	1	1,3	0,56	0,9	0,48	0,27
2	Лестница	2	0,056	0,6	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
3	Торговый зал	81	0,072	1	1,3	7,58	0,9	0,48	3,64
4	Зона загрузки	7	0,04	0,9	1,3	0,33	0,9	0,48	0,16
5	Камера средняя	3	0,01	0,6	1,3	0,02	0,9	0,48	0,01
6	Камера низкая	2	0,01	0,6	1,3	0,02	0,9	0,48	0,01
7	Склад пекарни	2	0,01	0,6	1,3	0,02	0,9	0,48	0,01
8	Склад пекарни	2	0,01	0,6	1,3	0,02	0,9	0,48	0,01
9	Коридор	6	0,01	0,6	1,3	0,05	0,9	0,48	0,02
10	Коридор	2	0,01	0,6	1,3	0,02	0,9	0,48	0,01
11	Санузел	2	0,01	0,6	1,3	0,02	0,9	0,48	0,01
12	Столовая	1	0,056	1	1,3	0,07	0,9	0,48	0,03
13	Подсобное помещение	1	0,056	0,8	1,3	0,06	0,9	0,48	0,03
14	Фасовка	1	0,056	0,9	1,3	0,07	0,9	0,48	0,03
15	Раздевалка женская	1	0,056	0,8	1,3	0,06	0,9	0,48	0,03
16	Кабинет приемщика	1	0,056	1	1,3	0,07	0,9	0,48	0,03
17	Кабинет кассира	1	0,056	1	1,3	0,07	0,9	0,48	0,03
18	Кабинет директора	2	0,04	1	1,3	0,1	0,9	0,48	0,05
19	Серверная	1	0,01	0,6	1,3	0,01	0,9	0,48	0
20	Кабинет	1	0,056	1	1,3	0,07	0,9	0,48	0,03
21	Коридор	1	0,056	0,6	1,3	0,04	0,9	0,48	0,02
22	Раздевалка	1	0,01	0,8	1,3	0,01	0,9	0,48	0
23	Склад упаковки	1	0,01	0,6	1,3	0,01	0,9	0,48	0
24	Пекарня	12	0,056	1	1,3	0,87	0,9	0,48	0,42
ИТОГО						10,24			4,89

## 2.2 Электротехнический расчет системы освещения

Целью расчета является определение потери напряжения в осветительной сети и отклонения напряжения у самого удаленного светильника.

Из анализа качества напряжения можно сделать вывод, что максимально допустимые потери напряжения в осветительной сети составляют:  $-1,02 - (-5) = 3,98\%$ , следовательно суммарные потери напряжения на всех участках осветительной сети не должны превысить это значение.

Так как осветительные сети являются сетями с распределенной нагрузкой, то определение потерь напряжения и проверка сечения кабельных линий по допустимому отклонению напряжения выполняются методом моментов нагрузки.

Потери напряжения на каждом участке рассчитываются по формуле:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S}, \quad (2.7)$$

где  $M$  - момент нагрузки;

$K_c$  - коэффициент зависящий от конфигурации сети и материала проводника,  $K_c = 72$  [1, табл. 10.7].;

$S$  - сечения проводника .

Момент нагрузки это сумма произведений мощности отдельных нагрузок на длину кабеля их питающих.

Произведем расчет освещения в линии от ВРУ до самого удаленного щита освещения.

Момент нагрузки равен:

$$M = L \cdot P_{p.o.}, \quad (2.8)$$

где  $L$  – расстояние от ЩО до ВРУ;

$P_{p.o.}$  - расчетная нагрузка освещения первого этажа.

$$M = 23 \cdot 10,24 = 235,52 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Потери напряжения в кабеле питающем ЩО1:

$$\Delta U = \frac{235,52}{72 \cdot 2,5} = 1,31\%$$

Схема распределение разводки осветительной сети фазам выглядит следующим образом: ЩО-1.

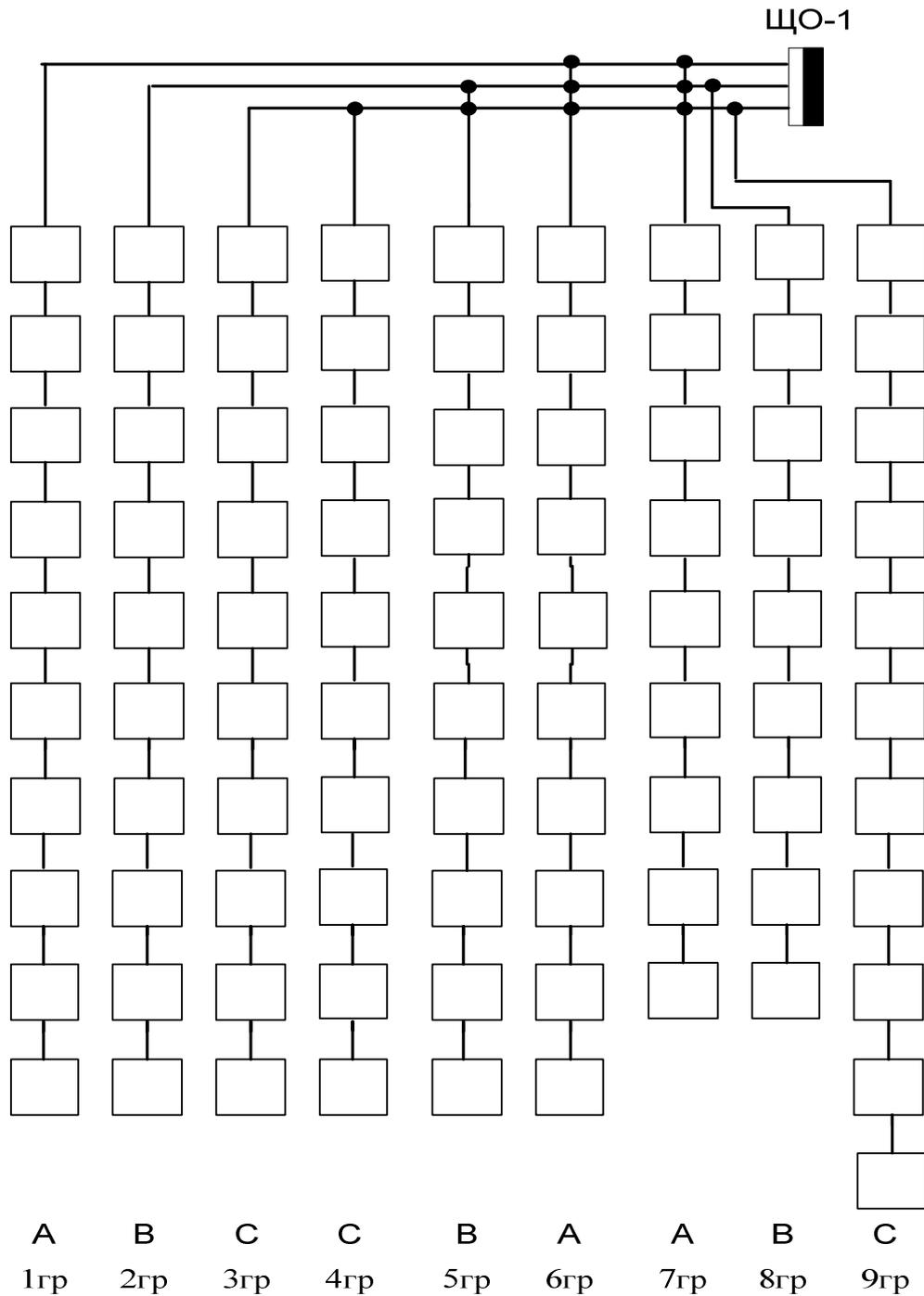


Рисунок 2.2 – План разводки осветительной сети ЩО-1

Расчет  $\Delta U$  равен:

$$\Delta U = \frac{M_{ГР}}{S \cdot K_C}, \quad (2.9)$$

где  $K_C = 12$  - коэффициент, зависящий от схемы питания и материала проводника, [1, табл. 10.7];

$S$  - сечение провода.

Определим моменты нагрузки:

$$M_P = P_L \cdot N_{L.P.} \cdot \left( l_1 + \frac{l_2}{2} \right), \quad (2.10)$$

где  $N_{L.P.}$  - 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.

Проверка отклонения напряжения удовлетворяется нормам требованиям за пределы:

$$\Delta U_{ВРУ-ЩО1} + \Delta U_{ГР} < U_{\text{доп.пр.}} \quad (2.11)$$

где  $U_{\text{доп.пр.}} = 4\%$  – предельно допустимые потери напряжения в групповой осветительной сети.

Определяем суммарные моменты нагрузки:

$$M_{ГР1} = M_{P1} + M_{P6} + M_{P7} \quad (2.12)$$

Определяем моменты нагрузки для фазы А:

$$M_{P1} = 0,072 \cdot 10 \cdot \left( 15 + \frac{55}{2} \right) = 30,6$$

$$M_{P6} = 0,072 \cdot 10 \cdot \left( 5 + \frac{33}{2} \right) = 15,48$$

$$M_{P7} = 0,072 \cdot 9 \cdot \left( 9 + \frac{35}{2} \right) = 17,172$$

$$M_{ГР1} = 30,6 + 15,48 + 17,172 = 63,252$$

$$\Delta U = \frac{63,252}{2,5 \cdot 12} = 2,11\%$$

$$1,31 + 2,11 < 4\%$$

$$3,42 < 4\% \text{ проходит}$$

Определяем моменты нагрузки для фазы В:

$$M_{P2} = 0,072 \cdot 10 \cdot \left( 12 + \frac{52}{2} \right) = 27,36$$

$$M_{P5} = 0,072 \cdot 10 \cdot \left( 11 + \frac{37}{2} \right) = 21,24$$

$$M_{P8} = 0,072 \cdot 9 \cdot \left( 12 + \frac{38}{2} \right) = 20,09$$

$$M_{ГР1} = 27,36 + 21,24 + 20,09 = 68,69$$

$$\Delta U = \frac{68,69}{2,5 \cdot 12} = 2,29\%$$

$$1,31 + 2,29 < 4\%$$

$3,6 < 4 \%$  - проходит.

Определяем моменты нагрузки для фазы С:

$$M_{P3} = 0,072 \cdot 10 \cdot \left(9 + \frac{49}{2}\right) = 24,12,$$

$$M_{P4} = 0,072 \cdot 10 \cdot \left(6 + \frac{46}{2}\right) = 20,88,$$

$$M_{P9} = 0,072 \cdot 12 \cdot \left(10 + \frac{56}{2}\right) = 30,1$$

$$M_{ГР1} = 24,12 + 20,88 + 30,1 = 75,1$$

$$\Delta U = \frac{75,1}{2,5 \cdot 12} = 2,1 \%$$

$$1,31 + 2,5 < 4 \%$$

$3,81 < 4 \%$  - проходит.

Определим максимальный расчетный ток щита ЩО-1 и группы:

$$I_{a \text{ ЩО}} = \frac{88 \cdot 0,072 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 10,7 \text{ А.}$$

$$I_{a \text{ ГР}} = \frac{12 \cdot 0,072 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,9} = 4,4 \text{ А.}$$

Выбираем провод марки ВВГнг LS 3x2,5 с сечением основной жилы  $s = 2,5 \text{ мм}^2$  и допустимым током 25 А для групповой сети и на вводе в ЩО-1 провод марки ВВГнг LS 5x2,5 с сечением основной жилы  $s = 2,5 \text{ мм}^2$  и допустимым током 25 А.

По аналогии выбираем провода того же сечения для ЩО-2 находится рядом с ВРУ, на расстоянии 6 м), т.к. число светильников в одной его группе и по щитку в целом по количеству и мощности не превышает соответственно те же показатели как у щитка ЩО-1.

Вариант распределения по группам электроприемников системы освещения указан на листе 1 графической части.

Рабочее освещение выполнено LED светодиодными светильниками, различной мощности и количества ламп в светильнике (см. светотехнический расчет), которые получают питание от 2 осветительных щитов типа ЩО-II-1А-25-12 УХЛ4. ЩО-1 и ЩО-2 получают питание от главного щита ВРУ. Главный щит получает питание непосредственно от шин 0,4 кВ трансформаторной подстанции КТП по кабельной линии.

Выключатели светильников рабочего освещения будет выполнено по условию предназначенных для пребывания большого количества людей, должны быть доступны только для обслуживающего персонала.

Кабели сети освещения проложены в потолке в гофре, через несущую стену в трубе, спуски с потолка будут выполнены в пенал канале.

## 2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов

### 2.3.1 Расчет нагрузки ВРУ

Суммарная мощность здания дискаунтера:

$$P_{\text{здания}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}} + P_{\text{тепл.}} + P_{\text{проч.}} + P_{\text{сил.пр.обор.}}) \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

где  $K$  - коэффициент одновременности максимума;

$P_{\text{роз.}}$  - мощности розеточной группы;

$P_{\text{осв.}}$  - мощность осветительной нагрузки ;

$P_{\text{охл.}}$  - мощность систем охлаждения;

$P_{\text{тепл.}}$  - мощность тепловой нагрузки;

$P_{\text{проч.}}$  - мощность прочей нагрузки.

Расчет осветительной нагрузки из таблицы 2.2:

$$P_{\text{освет.нагр.}} = P_{\text{освет.}} = 10,24 \text{ кВт}, \quad (2.12)$$

где  $P_{\text{освет.}}$  - мощность осветительной нагрузки с учетом коэффициента спроса.

Расчет мощности розеточных групп:

$$P_{\text{роз.гр}} = P_{\text{уд.р}} \cdot n \cdot K_c = 0,06 \cdot 38 \cdot 0,4 = 0,912 \text{ кВт}, \quad (2.13)$$

где  $P_{\text{уд.р}}$  - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт;  
 $n$  - число розеток.

$K_c = 0,4$  - расчетный коэффициент спроса, [14,табл.7.9].

Расчет силового оборудования:

$$P_{\text{сил.охл.}} = P_{\text{хол.конд.}} \cdot K_c = 4,8 \cdot 0,6 = 2,88 \text{ кВт}, \quad (2.14)$$

где  $P_{\text{хол.конд.}}$  - суммарная мощность систем охлаждения.

$K_c = 0,6$  - расчетный коэффициент спроса, [14,табл.7.9].

$$P_{\text{сил.тепл}} = P_{\text{тепл.}} \cdot K_c = 85,6 \cdot 0,8 = 68,48 \text{ кВт}, \quad (2.15)$$

где  $P_{\text{тепл.}}$  - суммарная мощность тепловой нагрузки.

$K_c = 0,8$  - расчетный коэффициент спроса, [14,табл.7.9].

$$P_{\text{сил.пр.обор.}} = P_{\text{пр.обор.}} \cdot K_c = 12,4 \cdot 0,6 = 7,44 \text{ кВт}, \quad (2.16)$$

где  $P_{\text{пр.обор.}}$  - суммарная мощность прочих приборов.

Определяем электрической нагрузки ЭП в целом по зданию:

$$P_{\text{здания}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}} + P_{\text{тепл.}} + P_{\text{сил.пр.обор.}}) = \\ = 0,85 \cdot (0,912 + 10,24 + 2,88 + 68,48 + 7,44) = 76,46 \text{ кВт.}$$

Дискаунтер по характеру помещения окружающей среды относится к классу с нормальной средой, характеристика помещения сухое, в котором отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным помещениям и помещениям с химически активной средой.

Характерной особенностью силовых сетей здания является их большая протяженность и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры.

### 2.3.2 Расчет электрических нагрузок и пусковых токов первого уровня электроснабжения

Расчетную нагрузку, создаваемую одним приемников электроэнергии принимают равной номинальной мощности приемника. По этой нагрузке выбираем сечение питающей линии и коммутационно защитную аппаратуру.

Для термических установок коэффициент кратности пуска принимаем равным 1, для прочего оборудования пекарни и тепловентиляторов – 5, для холодильных и морозильных машин – 3.

Расчет первого уровня электроснабжения на примере ЭП №1:

Шкаф холодильный ШХ-0,5;  $P=0,35$  кВт ;  $\cos\varphi = 0,65$ ;  $U=220$  В;  $K=3$

Определим полную мощность электропотребителя:

$$S = P / \cos\varphi, \text{ кВА} \tag{2.18} \\ S = 0,35 / 0,65 = 0,54 \text{ кВА.}$$

Определим расчетный ток электропотребителя:

$$I_p = S / U, \text{ А} \tag{2.19} \\ I_p = 0,54 / 220 \cdot 1000 = 2,45 \text{ А}$$

Определим ток пусковой электропотребителя:

$$I_{\text{пуск}} = I_p \cdot K, \text{ А}$$

где  $K$  - кратность пускового тока.

$$I_{\text{пуск}} = 2,45 \cdot 3 = 7,35 \text{ А.}$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных электроприемников, полученные результаты расчетов сведем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Расчет первого уровня электроснабжения

№	Наименование ЭП	$P_{ном},$ кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Q, кВар	S, кВА	$I_p, A$	Ипуск, А	U, В
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Шкаф холодильный ШХ-0,5	0,35	0,65	1,17	0,41	0,54	2,45	7,35	220
2	Электросушилка для рук	1,5	0,9	0,48	0,72	1,66	7,58	7,58	220
3	Тепловая завеса «Тепломаш»	12	0,9	0,48	5,76	13,31	20,26	20,26	380
4	Весы-платформа	0,2	0,85	0,62	0,12	0,23	1,07	1,07	220
5	Ларь морозильный Снеж МЛК-500	0,3	0,65	1,17	0,35	0,46	2,1	6,3	220
6	Ларь морозильный Снеж МЛК-500	0,3	0,65	1,17	0,35	0,46	2,1	6,3	220
7	Шкаф холодильный ШХ-700	0,5	0,65	1,17	0,59	0,77	3,5	10,5	220
8	Шкаф холодильный ШХ-700	0,5	0,65	1,17	0,59	0,77	3,5	10,5	220
9	Шкаф пекарский Unox 805	15,2	1	0	0	15,2	23,09	69,27	380
10	Шкаф пекарский Unox 805	15,2	1	0	0	15,2	23,09	69,27	380
11	Шкаф пекарский Unox 805	15,2	1	0	0	15,2	23,09	69,27	380
12	Тестораскаточная машина.SH50B	0,25	0,85	0,62	0,16	0,3	1,34	6,7	220
13	Тестомес спиральный Sinmag SM 50	3	0,85	0,62	1,86	3,53	5,36	26,8	380
14	Тестомес спиральный Sinmag SM 50	3	0,85	0,62	1,86	3,53	5,36	26,8	380
15	Мукосей	1,1	0,85	0,62	0,68	1,29	5,88	29,4	220
16	Хлеборезка	0,5	0,85	0,62	0,31	0,59	2,67	13,35	220
17	Бойлер	3,5	1	0	0	3,5	15,91	15,91	220
18	Весы	0,2	0,85	0,62	0,12	0,23	1,07	1,07	220
19	Весы	0,2	0,85	0,62	0,12	0,23	1,07	1,07	220
20	Упаковщик	0,5	0,85	0,62	0,31	0,59	2,67	8,01	220
21	Бойлер	3,5	1	0	0	3,5	15,91	15,91	220
22	Тепловая завеса «Тепломаш»	6	0,9	0,48	2,88	6,66	10,13	10,13	380
23	Тепловая завеса «Тепломаш»	6	0,9	0,48	2,88	6,66	10,13	10,13	380
24	Тепловая завеса «Тепломаш»	3	0,9	0,48	1,44	3,33	5,06	5,06	380
25	Весы	0,2	0,85	0,62	0,12	0,23	1,07	1,07	220
26	Весы	0,2	0,85	0,62	0,12	0,23	1,07	1,07	220
27	Весы	0,2	0,85	0,62	0,12	0,23	1,07	1,07	220
28	Весы	0,2	0,85	0,62	0,12	0,23	1,07	1,07	220
29	Тепловентилятор Ballu BKX-2	2	0,85	0,62	1,24	2,35	10,7	53,5	220
30	Тепловентилятор Ballu BKX-2	2	0,85	0,62	1,24	2,35	10,7	53,5	220
31	Тепловентилятор Ballu BKX-2	2	0,85	0,62	1,24	2,35	10,7	53,5	220
32	Тепловентилятор Ballu BKX-2	2	0,85	0,62	1,24	2,35	10,7	53,5	220
33	Ларь-бонета морозильная Levin ARTICA 2500 HT	0,5	0,65	1,17	0,59	0,77	3,5	10,5	220
34	Ларь-бонета морозильная Levin ARTICA 2500 HT	0,5	0,65	1,17	0,59	0,77	3,5	10,5	220
35	Ларь-бонета морозильная Levin ARTICA 2500 HT	0,5	0,65	1,17	0,59	0,77	3,5	10,5	220
36	Ларь-бонета морозильная Levin ARTICA 2500 HT	0,5	0,65	1,17	0,59	0,77	3,5	10,5	220

### 2.3.3 Расчет электрических нагрузок второго уровня электроснабжения

Определение нагрузки создаваемой группой электроприемников присоединенных к силовому щиту производится для выбора сечения линии питающей эту группу и коммутационно защитной аппаратуры. Расчет

мощности электроприемников на силовом щите осуществляется по формуле:

$$P_{рас} = K_c \cdot P_{\Sigma_{уст.}} \text{ В}, \quad (2.20)$$

где  $K_c$  определяется по [14, табл.7.9].

Расчет электроснабжения для щита ЩС-1 линии 1:

ЭП №4:  $P_1=0,2$  кВт ; $K_c=0,8$ ;  $\cos\varphi =0,65$ ;  $U=220$  В.

ЭП №5:  $P_1=0,3$  кВт ; $K_c=0,8$ ;  $\cos\varphi =0,65$ ;  $U=220$  В.

ЭП №6:  $P_1=0,3$  кВт ; $K_c=0,8$ ;  $\cos\varphi =0,65$ ;  $U=220$  В.

Определим суммарную мощность электроприёмников :

$$\begin{aligned} P_{сумм} &= P_1 + P_2 + P_3, \text{Вт} \\ P_{сумм} &= 0,2 + 0,3 + 0,3 = 0,8 \text{ Вт} \end{aligned} \quad (2.21)$$

Определим расчетную мощность:

$$P_{рас} = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 \text{ кВт.}$$

Определим полную расчетную мощность:

$$\begin{aligned} S_{рас} &= P_{рас} / \cos\varphi, \text{кВА} \\ S_{рас} &= 0,64 \cdot 10^3 / 0,65 = 0,98 \text{ кВА} \end{aligned} \quad (2.22)$$

Определим расчетный ток:

$$\begin{aligned} I_{рас} &= S_{рас} / U, \text{ А} \\ I_{рас} &= 0,98 \cdot 10^3 / 220 = 4,45 \text{ А} \end{aligned} \quad (2.23)$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных линий ЩС-1, ЩС-2, ЩС-3 полученные результаты расчетов сведем в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Расчет второго уровня электроснабжения

№ линии ЩС	№ ЭП или наименование	Количество ЭП п, шт	P, кВт	K <sub>C</sub>	P <sub>РАСЧ.,кВт</sub>	Срасч, кВА	Iр, А
1	2	3	4	5	6	7	8
ЩС-1							
Линия 1	4	1	0,2				
	5	1	0,3				
	6	1	0,3				
	итого	3	0,8	0,8	0,64	0,98	4,45
Линия 2	роз. группа	10	0,06	1	0,6	0,67	3,05
Линия 3	36	1	0,5				
	35	1	0,5				
	33	1	0,5				
	34	1	0,5				
	итого	4	2	0,8	1,6	1,88	8,55
Линия 4	18	1	0,2				
	20	1	0,5				
	19	1	0,2				
	итого	3	0,9	0,8	0,72	0,85	3,86
Линия 5	21	1	3,5	1	3,5	3,5	15,91
Линия 6	1	1	0,35				
	2	1	1,5				
	итого	2	1,85	0,8	1,48	1,64	7,45
Линия 7	роз. группа	13	0,06	1	0,78	0,87	3,95
Линия 8	3	1	12	1	12	13,33	20,26
ЩС-2							
Линия 1	9	1	15,2	1	15,2	15,2	23,09
Линия 2	10	1	15,2	1	15,2	15,2	23,09
Линия 3	11	1	15,2	1	15,2	15,2	23,09
Линия 4	17	1	3,5	1	3,5	3,5	15,91
Линия 5	15	1	1,1				
	12	1	0,25				
	16	1	0,5				
	итого	3	1,85	0,8	1,48	1,74	7,91
Линия 6	13	1	3				
	14	1	3				
	итого	2	6	0,8	4,8	5,65	14,87
Линия 7	8	1	0,5				
	7	1	0,5				
	итого	2	1	0,8	0,8	1,23	5,59
Линия 8	роз. группа	6	0,06	1	0,36	0,4	1,82
ЩС-3							
Линия 1	25	1	0,2				
	29	1	2				
	26	1	0,2				
	30	1	2				
	итого	4	4,4	0,8	3,52	4,14	18,82
Линия 2	27	1	0,2				
	31	1	2				
	28	1	0,2				
	32	1	2				
	итого	4	4,4	0,8	3,52	4,14	18,82
Линия 3	23	1	6	1	6	6	15,79
Линия 4	24	1	3	1	3	3	7,89
Линия 5	22	1	6	1	6	6	15,79
Линия 6	роз. группа	9	0,06	1	0,54	0,6	2,73

## 2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам

При включении однофазного ЭП на фазное напряжение он учитывается в графе 2 (таблица 2.5) как эквивалентный трехфазный ЭП номинальной мощностью [9]

$$p_n = 3p_{н.о}; q_n = 3q_{н.о}, \quad (2.24)$$

где  $p_{н.о}$ ,  $q_{н.о}$  - активная и реактивная мощности однофазного ЭП.

При включении однофазного ЭП на линейное напряжение он учитывается как эквивалентный ЭП номинальной мощностью [9]

$$p_n = \sqrt{3}p_{н.о}; q_n = \sqrt{3}q_{н.о}, \quad (2.25)$$

При наличии группы однофазных ЭП, которые распределены по фазам с неравномерностью не выше 15% по отношению к общей мощности трехфазных и однофазных ЭП в группе, они могут быть представлены в расчете как эквивалентная группа однофазных ЭП с той же суммарной номинальной мощностью. В случае превышения указанной неравномерности номинальная мощность эквивалентной группы однофазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы [9]. Более детальная информация о расчете однофазных нагрузок приводится в [2].

Результат расчета однофазных нагрузок представлен в таблице 2.5.



## 2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта

### 2.5.1 Выбор кабельной линии от трансформаторной подстанции и вводного автомата

Произведем выбор питающих кабельных линий.

Расчетный ток кабеля:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n} \text{ А}, \quad (2.25)$$

где  $n$  – число линий;

$S_p$ - полная расчетная электрическая нагрузка, кВт;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение линии, кВ.

Для питающей кабельной линии (от ТП) определяем расчетный ток кабеля:

$$I_p = \frac{76,46}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2} = 58,09 \text{ А}.$$

Для питающей кабельной линии (от ТП) определяем расчетный ток для кабеля после аварийного режима :

$$I_{р.п.АВР} = \frac{76,46}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1} = 116,18 \text{ А}.$$

Выбираем 2 кабеля для питания здания по расчетному току после аварийного режима типа ВВГнг 4x50 с допустимым током  $I_{доп}=192 \text{ А}$  [22,табл.1.3.13].

### 2.5.2 Выбор ВРУ и вводного автомата

ВРУ выбирается по числу отходящих линий и номинальному току. Для дискаунтера «Хороший» выбран в качестве ВРУ шкаф ВРУ-8504 и вводной автомат типа ВА57-Ф35 на номинальный ток 160 А.

Ток срабатывания автоматического выключателя должен быть согласован с максимально допустимым длительным током линии при выполнении условия:

$$I_p \leq K_{с.н} \cdot I_{доп}, \quad (2.26)$$

где  $I_p$  - расчетный ток линии, А;

$I_{доп}$  - длительно допустимый ток проводника, А;

$K_{с.н}$ - прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля который равен 0,95 [7].

$$116,18 \leq 0,95 \cdot 192 \text{ А};$$
$$116,18 \leq 182,4 \text{ А}.$$

Соответствия выбранному защитному устройству:

$$K_{с.н} \cdot I_{доп} \geq K_{защ.} \cdot I_3 , \quad (2.27)$$

где  $I_3$  - параметр защитного устройства, А;

$K_{защ.}$  - коэффициент защиты который равен 1, представляющий собой отношения длительного тока для провода или кабеля к параметру защитного устройства [7, таб.7.6]

$$0,95 \cdot 192 \geq 1 \cdot 160,$$
$$182,4 \geq 160 \text{ А}.$$

Прокладку кабеля внешнего электроснабжения будем производить в траншее в гофрированной двустенной трубе из ПВХ/ПНД пластика. Это обеспечит достаточную механическую защиту кабеля. Глубина заложения кабеля от планировочной отметки должна быть не менее 0,7 м. Согласно п.2.3.86 ПУЭ-7 расстояние в свету между параллельно прокладываемыми кабелями должно быть не менее 100 мм. Прокладку кабеля внутри объекта выполнить в гофрированной трубе.

Электроснабжение внутри домовое выполнено по схеме: ВРУ - СП – ЭП. Во всех случаях применяется кабель марки ВВГнг LS. Силовые пункты выбраны навесного исполнения (1,5 м над уровнем пола) шкафами серии ПР11. Шкафы представляют собой сварную металлоконструкцию с установленной в ней коммутационно - защитной аппаратурой. Шкафы изготавливаются с вводными зажимами без вводных выключателей. Шкафы позволяют осуществлять ввод и вывод питающих и отходящих линий в любой комбинации как снизу, так и сверху шкафа путем его переналадки, в том числе и на месте монтажа.

### 3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения

#### 3.1 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор автоматических выключателей производим по условию:

а) по номинальному току:

$$I_{\text{ср.рас}} \geq I_p, \quad (3.1)$$

где  $I_{\text{ср.рас}}$  – номинальный ток автомата, А.

б) по номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{\text{ном.т.в}} \geq K_n \cdot I_p, \quad (3.2)$$

где  $I_{\text{ном.т.в}}$  – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А;

$K_n = 1,1$  – коэффициент надежности.

в) Защиты автомат и защищаемая линия, должны быть согласованы по условию:

$$I_{\text{ср.рас}} \geq I_z, \quad (3.3)$$

$$I_{\text{ср.рас}} = \frac{K_{\text{ус.прок}} \cdot I_{\text{доп}}}{K_{\text{защ}}} \quad (3.4)$$

где  $K_{\text{ус.прок}}$ – прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля [7],

$I_{\text{доп}}$  – длительный ток кабеля, А;

$K_{\text{защ}}$ - коэффициент защиты который равен 1, представляющий собой отношения длительного тока для провода или кабеля к параметру защитного устройства,[1,таб.7.6];

$I_z$ - ток срабатывания автомата.

Выбор вводных автоматов на силовой пункт сведем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Выбор вводных автоматов на силовой пункт

№	$I_p$ , А	Сечение кабеля	$I_{\text{ном}}$ , А	$K_{\text{ус.п рок.}}$	$K_{\text{защ}}$	$I_{\text{ср.рас}}$ , А	Тип выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Уставка по току срабатывания, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВРУ	116,18	50	192	0,95	1	182,4	ВА57Ф35 83	160	800
ЩС-1	82,3	25	90	0,95	1	85,5	ВА57Ф35 34	100	500
ЩС-2	166,1	70	185	0,95	1	175,75	ВА57Ф35 34	200	1000
ЩС-3	79,84	25	90	0,95	1	85,5	ВА57Ф35 34	100	500
ЩО-1	10,7	2,5	25	0,95	1	23,75	ВА57Ф35 34	25	125
ЩО-2	8,4	2,5	25	0,95	1	23,75	ВА57Ф35 34	25	125

Выбор автоматов защиты отходящих линий сведем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Выбор автоматов защиты отходящих линий

№ линии	Ip, А	Марка кабеля	Iдо п,А	Кус. прок.	Кза щ.	Iср.р ас, А	тип автомата	номиналь ный ток выключат еля, А	отключа ющая способн ость, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЩС-1									
линия 1	4,45	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 2	3,05	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 3	8,55	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 4	3,86	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 5	15,91	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 6	7,45	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 7	3,95	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 8	35,08	ВВГнгLS - 3x10	50	0,95	1	47,5	ABB S201 c50	50	8000
ЩС-2									
линия 1	40	ВВГнгLS - 3x10	50	0,95	1	47,5	ABB S201 c50	50	8000
линия 2	40	ВВГнгLS - 3x10	50	0,95	1	47,5	ABB S201 c50	50	8000
линия 3	40	ВВГнгLS - 3x10	50	0,95	1	47,5	ABB S201 c50	50	8000
линия 4	15,91	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 5	7,91	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 6	14,87	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 7	5,59	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 8	1,82	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
ЩС-3									
линия 1	18,82	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 2	18,82	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 3	15,79	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 4	7,89	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 5	15,79	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 6	2,73	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
ЩО-1									
линия 1	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 2	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 3	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 4	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 5	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 6	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 7	3,86	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 8	3,86	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 9	4,4	ВВГнгLS - 3x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
ЩО-2									
линия 1	1,14	ВВГнгLS - 5x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 2	2,51	ВВГнгLS - 5x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 3	0,91	ВВГнгLS - 5x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 4	2,51	ВВГнгLS - 5x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000
линия 5	0,46	ВВГнгLS - 5x2,5	25	0,95	1	23,75	ABB S201 c25	25	6000

### 3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции

Сечение провода определяем по условию, аналогично пункту 3.1.

Выбор сечений кабельной линий, питающих силовые пункты сведем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	$I_p, A$	Марка кабеля	$I_{доп}, A$	$\gamma_{уд.кл}, Ом/км$	$\chi_{уд.кл}, Ом/км$
1	2	3	4	5	6
ЩС-1	82,3	ВВГнгLS 5x25	90	0,74	0,0662
ЩС-2	166,1	ВВГнгLS 5x70	185	0,26	0,0612
ЩС-3	79,84	ВВГнгLS 5x25	90	0,74	0,0662
ЩО-1	10,7	ВВГнгLS 5x2,5	25	7,4	0,116
ЩО-2	8,4	ВВГнгLS 5x2,5	25	7,4	0,116

Выбор сечений кабельной линии, отходящих от щитков до отдельных потребителей, сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№ линии	$I_p, A$	Марка кабеля	$I_{доп}, A$	$\gamma_{уд.кл}, Ом/км$	$\chi_{уд.кл}, Ом/км$
1	2	3	4	5	6
ЩС-1					
линия 1	4,45	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 2	3,05	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 3	8,55	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 4	3,86	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 5	15,91	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 6	7,45	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 7	3,95	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 8	35,08	ВВГнгLS - 3x10	50	1,84	0,083
ЩС-2					
линия 1	40	ВВГнгLS - 3x10	50	1,84	0,083
линия 2	40	ВВГнгLS - 3x10	50	1,84	0,083
линия 3	40	ВВГнгLS - 3x10	50	1,84	0,083
линия 4	15,91	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 5	7,91	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 6	14,87	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 7	5,59	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 8	1,82	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
ЩС-3					
линия 1	18,82	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 2	18,82	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 3	15,79	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 4	7,89	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 5	15,79	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 6	2,73	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116

### Окончание таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6
ЩО-1					
линия 1	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 2	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 3	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 4	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 5	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 6	4,24	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 7	3,86	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 8	3,86	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 9	4,4	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
ЩО-2					
линия 1	1,14	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 2	2,51	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 3	0,91	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 4	2,51	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116
линия 5	0,46	ВВГнгLS - 3x2,5	25	7,4	0,116

Прокладка кабелей на розеточные группы оборудования осуществляется в потолке в гофре и спуски с потолка осуществляются в пенал канале, на кассовые аппараты спуски с потолка осуществляются в трубе. Розетки устанавливаются на высоте 0,9 м от пола.

Прокладка кабелей на силовое оборудование осуществляется в потолке в лотках, кабель проложен в гофре и спуски с потолка осуществляются в пенал канале.

### 3.3 Выбор прочих электрических устройств

Распределительные пункты выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта (таблица 3.5) [15, с. 187].

Таблица 3.5 – Выбор распределительных пунктов

Наименование	расчетный ток, А	Тип РП	Число отходящих линий
1	2	3	4
ЩС-1	82,3	ПР11-3024-54у3	8
ЩС-2	166,1	ПР11-7124-54у3	8
ЩС-3	79,84	ПР11-3024-54у3	8
ЩО-1	10,7	ЩО-II-1А-25-12 УХЛ4	12
ЩО-2	8,4	ЩО-II-1А-25-12 УХЛ4	12

Пункты распределительные ПР11 предназначены для распределения электроэнергии, защиты электрических установок напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц при перегрузках и коротких замыканиях.

### 3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения

Качество напряжение зависит от потерь напряжения в отдельных элементах питающей сети. Отклонения напряжения согласно ГОСТ не должны выходить в нормальном режиме работы, за пределы:  $(-10 \div +10) \%$  от  $U_{ном}$ .

Отклонение напряжения на каждом участке определяем по формуле:

$$V = \left[ \frac{(U_{ИП} - \Delta U_{участка}) - U_{ном}}{U_{ном}} \right] \cdot 100\% \quad (3.5)$$

где  $U_{ИП}$  - напряжения в начале участка ;  
 $\Delta U_{участка}$  – потери напряжения на участке;  
 $U_{ИП}$  - номинальное напряжения сети.

Отклонения напряжения рассчитываются в максимальном и минимальном режиме для самого мощного и самого удаленного электроприемника от РП.

Самый мощный электроприемник (рисунок 3.1).

Самыми мощными являются электроприемник №9 – Шкаф пекарский Упох 805 мощностью 15,2 кВт, питаемый от ЩС-2.

Максимальный режим:

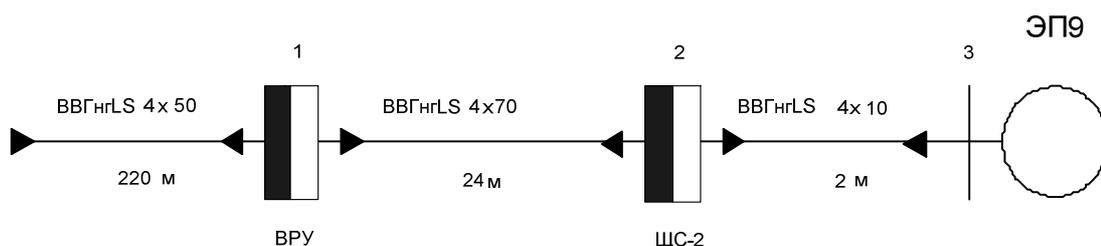


Рисунок 3.1 – Схема замещения для самого мощного электроприемника

Падение напряжения в кабеле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot (r_{кл} \cdot \cos\varphi + X_{кл} \cdot \sin\varphi) \quad (3.6)$$

Тогда отклонения напряжений на данном участке:

$$V_{кон} = V_{нач} - \Delta U, \% \quad (3.7)$$

Проверка качества напряжения в силовой сети сведем в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Проверка качества напряжения в силовой сети

Максимальный режим										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
№	R, Ом	X, Ом	cosφ	sinφ	участок	Vнач, %	Ip, А	ΔU, В	ΔU, %	Vкон, %
линия 1	0,081	0,019	0,83	0,56	1	4,00	70,62	9,53	2,51	1,49
линия 2	0,033	0,081	0,67	0,74	2	1,49	41,70	5,96	1,57	-0,08
линия 3	0,007	0,652	0,9	0,44	3	-0,08	29,09	8,44	2,22	-2,30
Минимальный режим										
№	R, Ом	X, Ом	cosφ	sinφ	участок	Vнач, %	Ip, А	ΔU, В	ΔU, %	Vкон, %
линия 1	0,081	0,019	0,83	0,56	1	2,00	42,37	5,72	1,50	0,50
линия 2	0,033	0,081	0,67	0,74	2	0,50	41,70	5,96	1,57	-1,07
линия 3	0,007	0,652	0,9	0,44	3	-1,07	29,09	8,44	2,22	-3,29
Послеаварийный режим										
№	R, Ом	X, Ом	cosφ	sinφ	участок	Vнач, %	Ip, А	ΔU, В	ΔU, %	Vкон, %
линия 1	0,081	0,019	0,83	0,56	1	4,00	141,24	19,06	5,02	-1,02
линия 2	0,033	0,081	0,67	0,74	2	-1,02	41,70	5,96	1,57	-2,58
линия 3	0,007	0,652	0,9	0,44	3	-2,58	29,09	8,44	2,22	-4,80

По данным таблицы 3.6 построим эпюры отклонения напряжения для самого мощного электроприемника.

Самый удаленный электроприемник (рисунок 3.2).

Самым удаленным электроприемником является ЭП №32 – Тепловентилятор Ballu ВКХ-2.

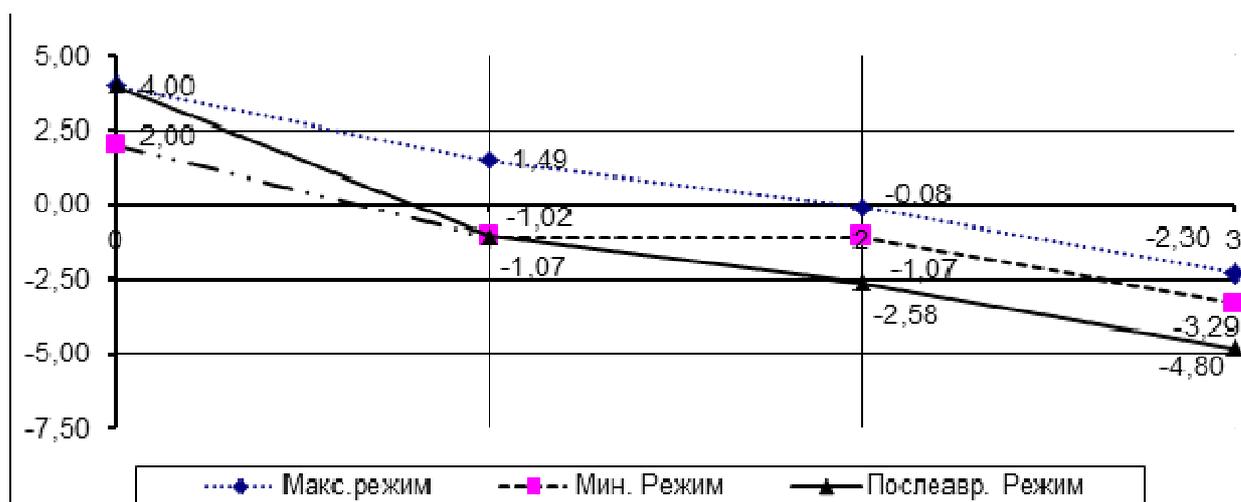


Рисунок 3.2 – Эпюры отклонения напряжения для самого мощного электроприемника

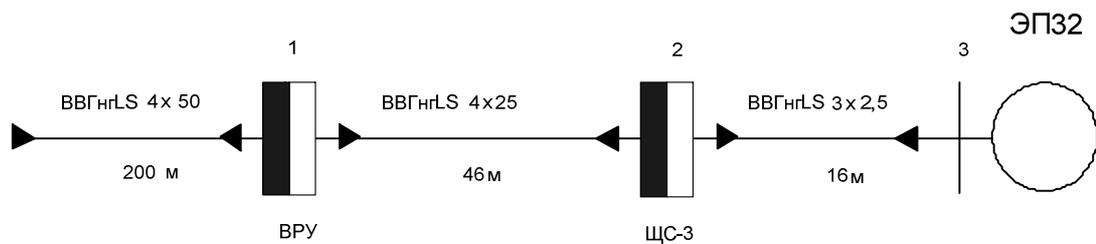


Рисунок 3.3 – Схема для самого удаленного электроприемника

Таблица 3.7 – Проверка качества напряжения в силовой сети

Максимальный режим										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
№	R, Ом	X, Ом	cosφ	sinφ	участок	Vнач, %	Iр, А	ΔU, В	ΔU, %	Vкон, %
линия 1	0,081	0,019	0,83	0,558	1	4,00	70,62	9,508	2,502	1,498
линия 2	0,012	0,081	0,65	0,760	2	1,50	41,70	5,018	1,320	0,177
линия 3	0,392	0,006	0,66	0,751	3	0,18	3,80	1,732	0,787	-0,610
Минимальный режим										
№	R, Ом	X, Ом	cosφ	sinφ	участок	Vнач, %	Iр, А	ΔU, В	ΔU, %	Vкон, %
линия 1	0,081	0,019	0,83	0,558	1	2,00	42,37	5,705	1,501	0,499
линия 2	0,012	0,081	0,65	0,760	2	0,50	41,70	5,018	1,320	-0,822
линия 3	0,392	0,006	0,66	0,751	3	-0,82	3,80	1,732	0,787	-1,609
Послеаварийный режим										
№	R, Ом	X, Ом	cosφ	sinφ	участок	Vнач, %	Iр, А	ΔU, В	ΔU, %	Vкон, %
линия 1	0,081	0,019	0,83	0,558	1	4,00	141,24	19,017	5,004	-1,004
линия 2	0,012	0,081	0,65	0,760	2	-1,00	41,70	5,018	1,320	-2,325
линия 3	0,392	0,006	0,66	0,751	3	-2,32	3,80	1,732	0,787	-3,112

По данным таблицы 3.7 построим эпюры отклонения напряжения для самого удаленного электроприемника.

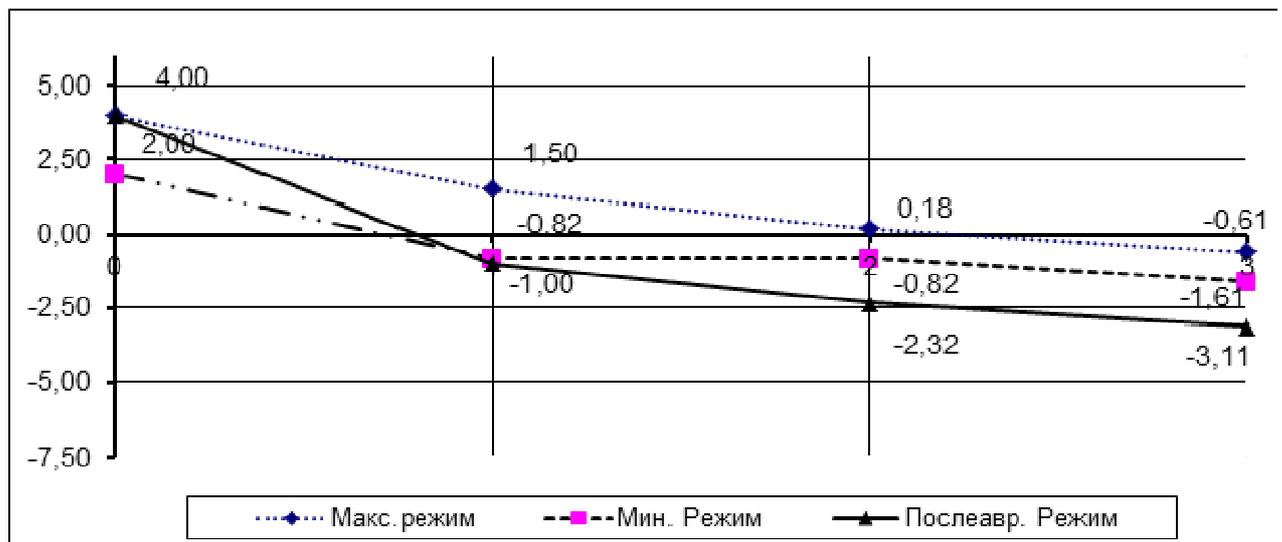


Рисунок 3.4 – Эпюры отклонения напряжения для самого удаленного электроприемника

### 3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

#### 3.5.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Расчет токов КЗ ниже 1000 В, как правило, вводится в именованных единицах. Особенностью расчетов КЗ в сетях ниже 1000 В является тот факт, что необходимо учитывать сопротивления дуги и трансформатора тока. На автоматах для этой цели вводится дополнительное сопротивление, величина которого зависит от места возникновения КЗ (рисунок 3.5).

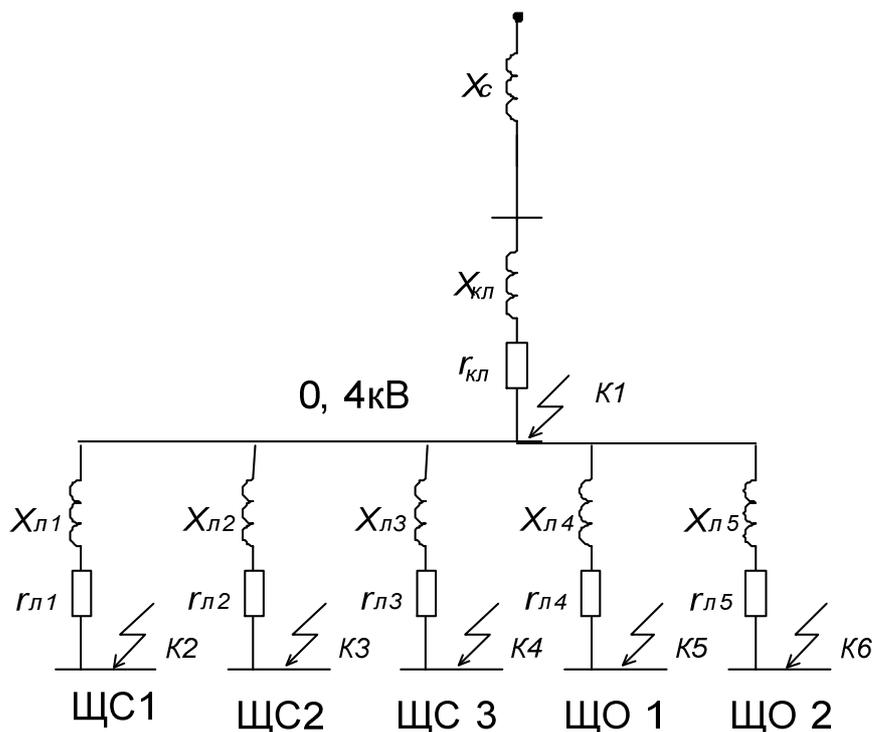


Рисунок 3.5 – Схема замещения тока трехфазного КЗ

Расчет тока трехфазного КЗ для точки К1:

Для кабеля ВВГнг LS 5x25 протяженностью  $L_{кл1}=3\text{м}$  по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивления :  $R_{уд.кл} = 0,74 \text{ Ом/км}$

Реактивно сопротивления:  $X_{уд.кл} = 0,0662 \text{ Ом/км}$

$$R_{л1} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл} , \text{ мОм} \quad (3.8)$$

$$R_{л1} = 0,74 \cdot 3 = 2,22 \text{ мОм}$$

$$X_{л1} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл} , \text{ мОм} \quad (3.9)$$

$$X_{л1} = 0,0662 \cdot 3 = 0,199 \text{ мОм}$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma} = X_{л} + X_{л1} + X_{вн}, \quad (3.10)$$

$$X_{\Sigma} = 1,782 + 0,199 + 28,54 = 30,521 \text{ мОм.}$$

Суммарное активное сопротивление должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводят добавочное сопротивление, которое на силовых пунктах 20 мОм, [15, стр187].

$$\begin{aligned} R_{\Sigma} &= R_{\text{доб}} + R_{\text{л1}} + R_{\text{л}}, \\ R_{\Sigma} &= 20 + 2,22 + 33,12 = 55,34 \text{ мОм.} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Ток трехфазного КЗ:

$$\begin{aligned} I_{\text{К-1}} &= \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}}, \\ I_{\text{К-1}} &= \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{30,521^2 + 55,34^2}} = 2,53 \text{ кА.} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных точек КЗ, полученные результаты расчетов сведем в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Трехфазный ток КЗ

точка КЗ	$X_{\text{внеш}}$ , мОм	$R_{\text{л}}$ , мОм	$X_{\text{л}}$	$X_{\text{уд.кл}}$	$R_{\text{уд.кл}}$	$L_{\text{кл}}$ , м	$R_{\text{л1}}$ , мОм	$X_{\text{л1}}$ , мОм	$R_{\text{доб}}$ , мОм	$R_{\text{сумм}}$ , мОм	$X_{\text{сум}}$ , мОм	$I_{\text{к.з}}$ ,кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
К2	28,54	81,4	18,7	0,74	0,0662	3	2,22	0,1986	20	30,521	55,34	2,53
К3	28,54	81,4	18,7	0,26	0,0612	24	36,8	2,016	20	28,20	39,256	1,3
К4	28,54	81,4	18,7	0,74	0,0662	46	47,6	1,512	20	49,00	48,752	1,87
К5	28,54	81,4	18,7	7,4	0,116	23	36,8	2,016	20	38,20	49,256	1,73
К6	28,54	81,4	18,7	7,4	0,116	8	8,12	3,46	20	9,52	5,7	2,58

### 3.5.2 Проверка защитных аппаратов сети на отключающую способность

Проверим выключатели, защищающие кабельные линии напряжением 0,4 кВ. Проверку будем проводить по току КЗ

$$I_{\text{к.з.}} \leq I_{\text{о.с.}}, \quad (3.13)$$

где  $I_{\text{о.с}}$  – предельная отключаемая способность.

Таблица 3.9 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

№	точка к.з.	Ik.з. ,кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность,, кА	$I_{к.з.} \leq I_{о.с}$
1	2	3	4	5	6
ЩС-1	К1	2,53	ВА57Ф35 34	10	проходит
ЩС-2	К2	1,3	ВА57Ф35 34	10	проходит
ЩС-3	К3	1,87	ВА57Ф35 34	10	проходит
ЩО-1	К4	1,73	ВА57Ф35 34	10	проходит
ЩО-2	К5	2,58	ВА57Ф35 84	10	проходит

Автоматические выключатели проходят проверку на отключаемую способность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом бакалаврской работы является система электроснабжения дискаунтера «Хороший» г. Кызыл. Система электроснабжения проектировалась с учетом современным требованиям к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды.

Было рассчитано электрическая нагрузка ЭП в целом по зданию, рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения.

Были выбраны кабельные линии, ВРУ и вводные автоматы, распределительные пункты, сечений проводов и кабельных линий и параметры коммутационно – защитных аппаратов.

Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания.

Проведены светотехнический расчеты освещения. В проекте предусмотрено также аварийное и эвакуационное освещение.

Анализ качества напряжения у характерных электроприемников приведенный для различных режимов работы показал, что отклонения напряжения лежат в допустимых пределах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов-н/Д: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с.
2. Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электроснабжение»: 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.
3. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
4. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавцев, Н.А. Черемисинова. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
5. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 253 с.
6. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. – 320 с.
7. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 352 с.
8. 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.
9. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. М.: АООТ ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – 78 с.
10. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». - М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектропроект, 1993 (2-я редакция). – 86 с.
11. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 701 с.
12. 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.
13. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с.
14. СП 256.1325800.2016 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2011. – 65 с.

15. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*; дата введ. 08.05.2017. – М. : НИИСФ РААСН, 2016. – 116 с.
16. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. т 2. Электрооборудование / Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 602 с.
17. Справочник электрика / Под ред. Э. А. Киреевой и С. А. Цырука. – М. : Колос, 2007. – 464 с.
18. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.
19. Филатов, И.В. Электроснабжение осветительных установок: учебное пособие / И. В. Филатов, Е. В. Гурнина. Издательство московского государственного открытого университета. – М. 2009. – 321 с.
20. 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.
21. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2010. – 214 с.
22. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 12-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2012. – 966 с.
23. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 11-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2014. – 704 с.
24. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под. общ. ред. Проф. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 2011. – 658 с.: ил.
25. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 2. Электротехнические устройства и изделия / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 10-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2012. – 988 с.

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

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО

«Сибирский федеральный университет»

институт

«Электротехника»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г.Н. Чистяков

подпись

инициалы, фамилия

« 02 »

06

20 19 г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электротехника и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение дискаунтера «Хороший» по адресу г. Кызыл,  
ул. Московская, 30/2

тема

Руководитель

подпись, дата

ДОЦЕНТ, К.Т.Н.

должность, ученая степень

А.В. Коловский

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

19.06.2019

И.А. Якубов

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

20.06.2019

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2019