

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  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
код – наименование направления  
Электроснабжение пекарни ООО «Хлебный дом» г. Абакана  
тема

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

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

А.В. Коловский  
инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_  
подпись, дата

М.А. Арапаева  
инициалы, фамилия

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

И.А. Кычакова  
инициалы, фамилия

Абакан 2020

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение пекарни ООО «Хлебный дом» г. Абакана» содержит 46 страниц текстового документа, 6 рисунков, 20 таблиц, 22 использованных источника, 3 листа графического материала, приложений нет.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, РАСЧЕТ НАГРУЗКИ, СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ, ТОК КОРОТКОКО ЗАМЫКАНИЯ.

Назначение разработанной системы электроснабжения обеспечение электроэнергией надлежащего качества.

**Целью** выпускной квалификационной работы является расчет системы электроснабжения ООО «Хлебный дом» г. Абакана.

Работа **актуальна**, так как исходные данные взяты для реального вновь вводимого объекта.

**Задачами** работы являются:

- Выполнить расчет нагрузки на всех уровнях электроснабжения и выбрать кабельно-проводниковую продукцию;
- Расчет и проектирование качественного и достаточного освещения для комфортного и безопасного пребывания людей;
- Выбор коммутационно-защитной аппаратуры;
- Предусмотреть аварийное питание для потребителей I категории;
- Выбрать систему учета электроэнергии.

В выпускной работе было уделено особое внимание разделам светотехнического расчета, расчета нагрузок по силовым пунктам и вводно-распределительным устройствам, а также системе учета электрической энергии.

Практическая ценность – расчеты выпускной квалификационной работы были использованы при проектировании пекарни ООО «Хлебный дом» г. Абакана.

## REFERAT

Abschluss Qualifikationsarbeit zum Thema "Stromversorgung Bäckerei GmbH "Brothaus" Abakan " enthält 46 Seiten Textdokument, 6 Zeichnungen, 17 Tabellen, 22 verwendete Quellen, 3 Blätter des grafischen Materials, keine Anwendungen.

LICHTTECHNISCHE BERECHNUNG, ELEKTROTECHNISCHE BERECHNUNG, AUSWAHL DER AUSRÜSTUNG, ÜBERPRÜFUNG DER AUSRÜSTUNG, KURZSCHLUSSSTROM.

Zweck entwickeltes Stromversorgungssystem Software Strom guter Qualität.

**Das Ziel** der abschlussqualifikationsarbeit ist die Berechnung des Stromversorgungssystems der GmbH «Brothaus» von Abakan.

Die Arbeit ist **relevant**, da die Quelldaten für das Reale neu eingegebene Objekt übernommen werden.

**Die Aufgaben** der Arbeit sind:

- Führen Sie die Berechnung der Last auf allen Ebenen der Stromversorgung und wählen Sie die Kabel-und leiterprodukte;
- Berechnung und Gestaltung von qualitativ hochwertigen und ausreichenden Beleuchtung für einen komfortablen und sicheren Aufenthalt der Menschen;
- Auswahl von schaltschutzgeräten;
- Notstromversorgung für Verbraucher der Kategorie I bereitstellen;
- Wählen Sie ein stromerfassungssystem.

In der Abschlussarbeit wurde besonderes Augenmerk auf die Abschnitte der lichttechnischen Berechnung, Berechnung der Belastungen für die Kraftpunkte und Einleitungs-Schaltanlagen, sowie das System der Erfassung der elektrischen Energie.

Praktischer Wert-die Berechnungen der abschlussqualifikation wurden bei der Gestaltung der Bäckerei der GmbH «Brothaus» von Abakan verwendet.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 Теоретическая часть .....	7
1.1 Нормативные требования к электроснабжению административных и общественных зданий .....	7
1.1.1 Особенности электроснабжения общественных зданий .....	7
1.1.2 Требования нормативных документов при проектировании .....	8
1.2 Характеристика объекта электроснабжения .....	8
1.3 Обзор методик расчета электрических нагрузок .....	11
1.3.1 Метод коэффициента спроса .....	11
1.3.2 Статический метод расчета нагрузок .....	12
1.3.3 Метод определения нагрузки по средней мощности и коэффициенту формы .....	13
1.3.4 Расчет электрических нагрузок трехфазных электроприемников с помощью РТМ 36.18.32.4-92 .....	14
1.3.5 Метод расчета электрических нагрузок однофазных электроприемников .....	15
1.3.6 Метод расчета пиковых электрических нагрузок приемников электрической энергии .....	15
2 Аналитическая часть .....	16
2.1 Светотехнический расчет системы освещения .....	16
2.1.1 Расчет осветительной нагрузки пекарни .....	20
2.2 Распределение электроприемников на группы и расчет нагрузок по силовым пунктам .....	21
2.3 Электротехнический расчет системы освещения .....	23
2.4 Расчет нагрузки ВРУ .....	29
2.5 Выбор источника питания .....	31
3 Практическая часть. Проектирование электроснабжения .....	31
3.1 Выбор коммутационных аппаратов .....	31
3.1.1 Выбор автоматических выключателей для каждого электроприемника .....	33
3.1.2 Выбор автоматических выключателей для силовых пунктов .....	34
3.1.3 Выбор автоматических выключателей для вводно- распределительных устройств .....	34
3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции .....	34
3.3 Выбор силовых пунктов и прочих электрических устройств .....	37
3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения в силовой сети .....	37
3.4.1 Отклонение напряжение для самого мощного приемника электрической энергии .....	38
3.4.2 Отклонение напряжение для самого удаленного приемника электрической энергии .....	39
3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования .....	40
3.5.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания .....	40

3.5.2 Проверка элементов сети электроснабжения на отключающую способность ниже 1 кВ .....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	45

## ВВЕДЕНИЕ

Вопрос, о проектировании электроснабжения жилых домов, школ, дошкольных учреждений, больниц, помещений общественного питания и многих других зданий был и остается актуальным.

Каждый год направление электроэнергетики развивается большими скачками, и это значительно отражается на проектировании и монтаже. С каждым годом совершенствуется техника, оборудование промышленного и бытового назначения, возрастает количество заводов, организаций, подключаемых электропотребителей и электрооборудования.

При создании проекта электроснабжения, от небольшого магазина до многоэтажного здания, необходимо знать характеристики приемников электрической энергии для качественного расчета мощностей.

Так же вычисление расчетного тока и пускового тока электрооборудования, позволит правильно выбрать необходимые автоматические выключатели, кабели и провода для подключения оборудования. Чаще всего используются небронированные кабели с алюминиевыми жилами и изоляцией из поливинилхлоридного пластика.

При проектировании необходимо учитывать пожаро-взрыво безопасность помещений. Существуют требования на которые необходимо опираться при проектировании электроснабжения различных объектов, так как в зависимости от категории помещений и всего здания будут применяться соответствующие методы защиты электрооборудования.

Каждый год на территории Российской Федерации создается огромное количество предприятий пищевой промышленности, для которых необходимо обеспечить надежное и качественное электроснабжение.

**Целью** выпускной квалификационной работы является расчет системы электроснабжения ООО «Хлебный дом» г. Абакана.

Работа **актуальна**, так как исходные данные взяты для реального вновь вводимого объекта.

**Задачами** работы являются:

- Выполнить расчет нагрузки на всех уровнях электроснабжения и выбрать кабельно-проводниковую продукцию;
- Расчет и проектирование качественного и достаточного освещения для комфортного и безопасного пребывания людей;
- Выбор коммутационно-защитной аппаратуры;
- Предусмотреть аварийное питание для потребителей I категории;
- Выбрать систему учета электроэнергии.

Практическая ценность работы заключается в том, что ее материалы были использованы при проектировании пекарни ООО «Хлебный дом» г. Абакана, что подтверждено актом внедрения.

## **1 Теоретическая часть**

### **1.1 Нормативные требования к электроснабжению административных и общественных зданий**

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

При проектировании любого здания: жилого, дошкольного, школьного и многих других необходимо учитывать требования предъявляемые к данной категории здания. При создании проектной документации нужно учитывать особенности каждого вида общественных, жилых и иных зданий.

В данном пункте рассмотрим особенности проектирования промышленных зданий.

В последние годы динамика развития производственных процессов и совершенствование производственного оборудования предъявляют огромные требования для качественного, надежного и бесперебойного электроснабжения производственного процесса. Так же должны быть учтены такие показатели электроснабжения, как гибкость питания оборудования и простота исполнения проектной документации, что играет большую роль для работ монтажного исполнения.

При проектировании силового электроснабжения производственных помещений учитывается расположение силового оборудования, расположение вводно распределительных устройств, расположение трансформаторной подстанции и многого другого.

При учитывании показателей электрических приемников, распределяем приемники энергии по силовым пунктам или шинпроводам, так чтобы разность токовых нагрузок не превышала 5% .

Необходимо учитывать возможность, что на производствах с параллельными технологическими потоками сеть должна быть построена так, чтобы при необходимости отключения одного элемента сети при возникновении аварийной ситуации отключались только те механизмы, которые относятся к данному потоку. Другие технологические потоки при этом должны оставаться в рабочем состоянии.

При проектировании определяем класс электробезопасности помещений, классы взрыво- и пожароопасности помещений, климатические условия помещения, так как в зависимости от класса помещений будет устанавливаться определенная степень защиты электрооборудования. При необходимости кабеля будут проложены в закрытых лотках, и степень защиты светильников должна быть выбрана соответствующая.

Питающая сеть и распределительная сеть предприятия интерпретируются как основные разделы системы электроснабжения.

Питающая сеть — это линии, отходящие от источника питания к пункту приема электрической энергии.

Распределительные сети — это линии, подводящие электроэнергию от

пунктов приема непосредственно к электрооборудованию.

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

В Древней Руси, при строительстве различных объектов, создавались чертежи домов, кораблей, соборов и многого другого. Создание линейного дела на Руси привело к развитию чертежного дела.

Еще в начале тринадцатого века на Руси мастера-оружейники и строители использовали сложные математические расчеты при решении определенных строительных задач и вопросов. Найденные летописи содержат в себе множество рисунков, которые показывают точные процесс изготовления различных предметов. Даже в двадцать первом веке можно легко разобрать методы изготовления.

В 1821 году профессор Я.А.Севастьянов создал начертательную геометрию, которую мы видим в современном виде и представил учебное пособие по названию: «Основания начертательной геометрии»

Сегодня чертежи стали неотъемлемой частью современного мира. Вполне возможно, что их развитие еще не завершилось, и со временем они станут еще сложнее, подробнее, лучше.

В современном мире нормативных требований к проектной документации очень много: территориальные строительные нормы, строительные нормы и правила, своды правил по проектированию и строительству и многое другое.

При проектировании электроснабжения жилых, общественных и других зданий необходимо следовать требованиям нормативной документации.

Создания электроснабжения должно учитывать следующие нормативные документы:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ)
- СП 31-110-2003
- СП 256.1325800.2016
- СП 52.13330.2016

При необходимости и в зависимости от сложности проектной документации рассматривают степени защиты электрооборудования и установки распределительных сетей. В таком случае необходимо прибегнуть к ГОСТу 14254-96 и ГОСТу 14255-69. По данным нормативным требованиям можно установить степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP) и рассмотреть степень защиты электрических аппаратов до 1000 В.

## **1.2 Характеристика объекта электроснабжения**

Компания ООО "Хлебный Дом" зарегистрирована в г. Абакан. Один из крупнейших компаний в сфере хлебобулочных изделий, работает на рынке



более 13 лет. Основным видом деятельности компании является производство хлеба и мучных кондитерских изделий, тортов и пирожных недлительного хранения. Так же работает еще по 10 направлениям. Компания ООО "Хлебный Дом" принимала участие в 21 тендере, из них выиграла 18. Основным заказчиком является Госкомзакуп Хакасии, ГКУСРФ. В судах организация выиграла 34% процессов в качестве истца, проиграла 16% процессов в качестве истца. Режим работы пекарни с понедельника по пятницу с 8:00 до 17:00, суббота и воскресенье с 8:00 до 16:00.

Технологический процесс помещения: склады сырья, электрощитовая, хлебный цех, холодильник, тестомесильное помещение.

Технологический процесс производства хлебобулочных изделий в пекарне состоит из следующих основных этапов:

- прием и хранение сырья;
- подготовка сырья к пуску в производство;
- приготовление теста;
- разделка теста;
- выпечка изделий;
- хранение и реализация выпеченных изделий.

По электробезопасности здание относится к классу повышенной, так как на территории здания очень много частиц, которые оседают на электроприемниках.

По режиму работы электроприемники относятся к следующим режимам работы: длительный режим и повторно-кратковременный режим. Площадь цеха равна 666,17 м<sup>2</sup>. Суммарная установленная мощность потребителей равна 797 кВт. В цехе 22 электроприемник.

По категории взрывопожарной опасности объекта данный цех попадает в группу Б, так как в здании существуют помещения для хранения муки. Мука – легко возгорающиеся частицы, потому что окружены кислородом, что позволяем легко сгорать с огромной скоростью. Нормам климатических условий: относительная влажность – 45-60%, температура в зимний и летний периоды 19-24 оС.

Данная информация была проверена именно в самом административно-складском здании.

Выпускной квалификационной работой предусматривается подключение к установленной комплектной трансформаторной подстанции с мощностью трансформаторов 630 кВА.

Трансформаторная подстанция предназначена для приема электрической энергии трехфазного тока, преобразования в электрическую энергию напряжением 0,4 кВ и снабжения ею административно-складского здания. Расположение оборудования показано на рисунке 1, оборудование, находящееся в цехе, перечислено в ведомости электрических нагрузок, в таблице 1.

Таблица 1.1–Технические показатели электрических приемников цеха

Позиция ЭП	Наименование ЭП	Рном, кВт	U, В	Кол-во, шт
1	Печь Свеба У40	95,0	380	4
2	Печь Иртыш	75,0	380	4
3	Расстойка	8,0	380	4
4	Линия СУБАЛ	5,0	380	1
5	Линия Восход	7,0	380	1
6	Дежепрокидыватель СУБАЛ	1,5	380	1
7	Дежепрокидыватель Восход	1,0	380	1
8	Водонагреватель	27,0	380	1
9	Термос Восход Прима	18,0	380	2
10	Льдогенератор	0,5	380	1
11	Мукопросеиватель	2,0	380	1
12	Холодильный шкаф	5,0	380	1
Итого		797		22

Таблица 1.2 – Экспликация помещений

№ на плане	Наименование помещения	Площадь, м <sup>2</sup>
28	Склад сырья	19,68
29	Склад сырья	64,34
30	Электрощитовая	29,20
31	Хлебный цех	475,00
32	Холодильник	13,26
33	Тестомесильное помещение	64,69
Итого		666,17

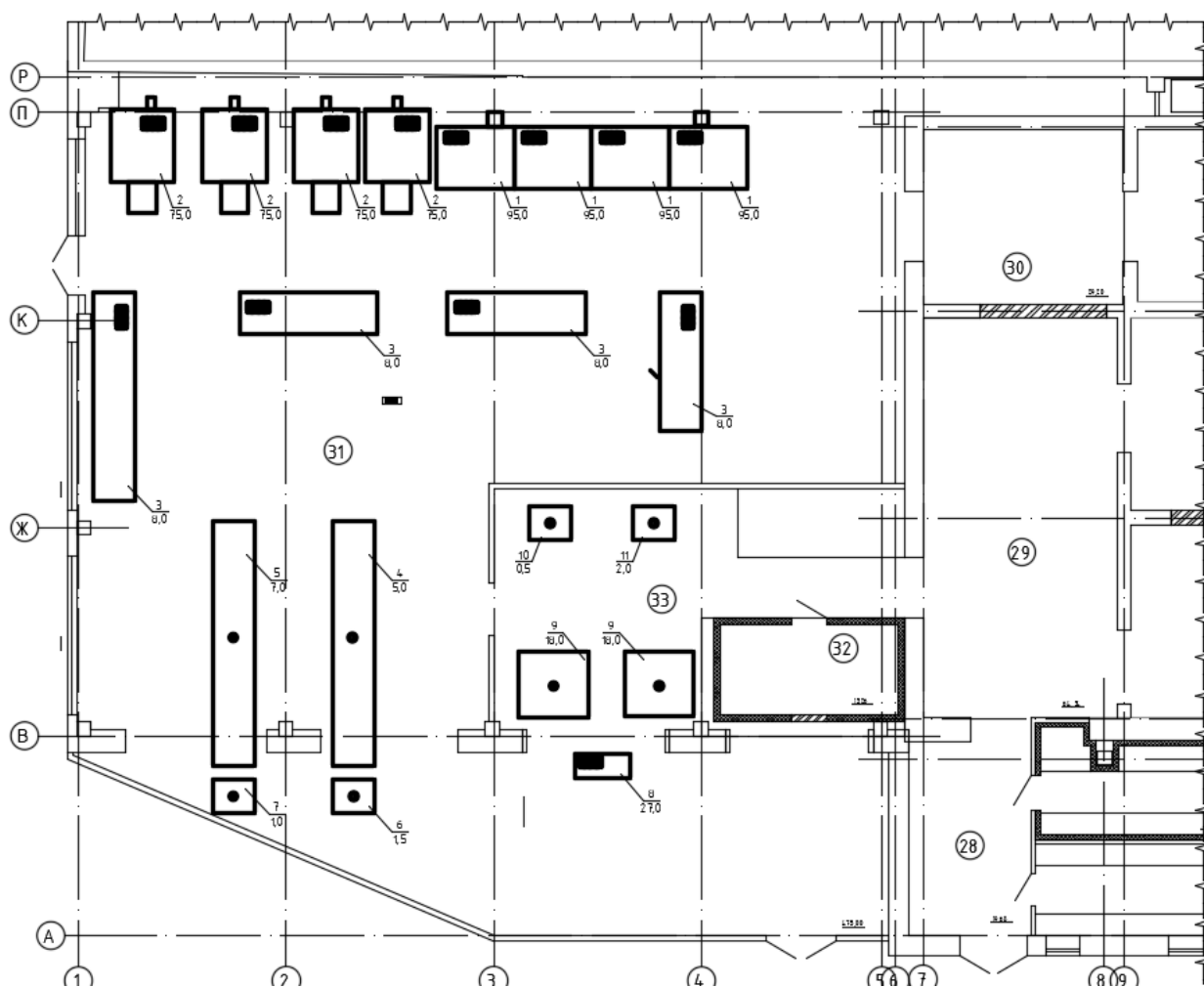


Рисунок 1.1 – План помещений

### 1.3 Обзор методик расчета электрических нагрузок

Первым этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. Знание электрических нагрузок необходимо для выбора и проверки проводов (шин, кабелей и т.д.) и трансформаторов по пропускной способности, а также для расчета потерь и отклонений напряжения, выбора защиты и компенсирующих устройств.

В практике проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий, жилых и общественных зданий применяют различные методы определения электрической нагрузок, которые подразделяются на основные и вспомогательные.

#### 1.3.1 Метод коэффициента спроса

Для определения расчетных нагрузок по этому методу необходимо знать установленную мощность  $R_{ном}$  группы приемников и коэффициенты мощности  $\cos \varphi$  и спроса  $K_{с,а}$  данной группы, определяемые по справочным материалам [2].

Расчетную нагрузку группы однородных по режиму работы приемников определяют по формулам:

$$P_p = K_{c,a} \cdot P_{\text{ном}}; \quad (1.1)$$

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi; \quad (1.2)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (1.3)$$

где  $\text{tg}\varphi$  соответствует  $\text{cos}\varphi$  соответствует данной группе приемников.

Расчетная нагрузка узла системы электроснабжения, содержащего группу приемников электроэнергии с различными режимами работы, определяют с учетом разновременности максимумов нагрузки отдельных групп:

$$S_p = \sqrt{(\sum_{i=1}^n P_{p,i})^2 + (\sum_{i=1}^n Q_{p,i})^2} \cdot K_{p,m}, \quad (1.4)$$

где  $\sum_{i=1}^n P_{p,i}$  – сумма расчетных активных нагрузок отдельных групп приемников;

$\sum_{i=1}^n Q_{p,i}$  – сумма расчетных реактивных нагрузок отдельных групп приемников;

$K_{p,m}$  – коэффициент равномерности максимумов нагрузок отдельных групп приемников.

Определение расчетной силовой нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса является приближенным методом расчета, поэтому его применение рекомендуют для предварительных расчетов и определение общезаводских нагрузок.

### 1.3.2 Статический метод расчета нагрузок

По данному методу расчетную нагрузку приемников определяют двумя интегральными показателями: средней нагрузкой  $P_{\text{ср,Т}}$  и среднеквадратическим отклонением  $\sigma_{\text{ср,Т}}$  из уравнения:

$$P_{p,T} = P_{\text{ср,Т}} \mp \beta \sigma_{\text{ср,Т}}, \quad (1.5)$$

где  $\beta$  – принятая кратность меры рассеяния;

$T$  – указывает на отношение величины к длительности интервала осреднения нагрузки.

Для группового графика средняя нагрузка при достаточно большом  $m$  равна

$$P_{p,T} = (p_1 + p_2 + \dots + p_m)/m, \quad (1.6)$$

где  $m$  – число отрезков длительностью  $T=3T_0$  (в течение которого нагрев рассматриваемой токоведущей части может почти достигнуть установившегося значения;

$T_0$  – постоянная времени нагрева проводника), на которые разбит групповой график нагрузки, построенный для достаточно длительного периода времени.

Среднеквадратическое отклонение для данного группового графика нагрузок определяют по формуле:

$$\sigma_{cp,T} = \frac{\sqrt{(p_1 - p_{cp,T})^2 + (p_2 - p_{cp,T})^2 + \dots + (p_m - p_{cp,T})^2}}{m}. \quad (1.7)$$

Статический метод помогает найти расчетную нагрузку с любой целесообразно для определения нагрузок по отдельным группам и узлам электроприемников до 1 кВ.

### 1.3.3 Метод определения нагрузки по средней мощности и коэффициенту формы

Суть данного метода в том, что расчетная и среднеквадратичная нагрузки равны. Для групп электрических приемников с повторно-кратковременным режимом работы принятое допущение справедливо в любом случае.

Данный метод может использоваться для определения расчетных нагрузок цеховых шинопроводов, на шинах низкого напряжения цеховых трансформаторных подстанций, на шинах ВРУ напряжением 10 кВ, когда значения коэффициента формы находится в пределах 1-1,2.

Расчетную нагрузку определяют из выражения:

$$P_p = K_{\phi,a} P_{cp,m}; \quad (1.8)$$

$$Q_p = K_{\phi,a} Q_{cp,m}. \quad (1.9)$$

Значение показателя  $K_{\phi,a}$  достаточно стабильно для заводов с малоизменяющейся производительностью.

### 1.3.4 Расчет электрических нагрузок трехфазных электроприемников с помощью РТМ 36.18.32.4-92

Данный метод расчета был введен в порядке опытно-промышленного внедрения "Указания по расчету электрических нагрузок" с 1 августа 1990 года техническим циркуляром ВНИПИ Тяжпромэлектропроект.

Окончательная редакция "Указаний по расчету электрических нагрузок" (РТМ 36.18.32.4-92) вводится в действие с 1 января 1993 г. К этому сроку рекомендуется завершить переработку пособия к расчету электрических нагрузок. Технический циркуляр № 358-90 от 1 августа 1990 г. считать утратившим силу.

В данном методе расчета учитываются следующие виды нагрузок:

- активная мощность  $P$ , кВт;
- реактивная мощности  $Q$ , квар;
- полная мощность  $S$ , кВА;
- ток  $I$ , А

Для точного представления электрических показателей и коэффициентов, которые характеризуют электроприемники, была узаконена следующая система обозначений: Показатели каждого отдельного электрического приемника обозначается заглавной буквой, а групп электроприемников обозначаются приписными буквами.

$$p_{\text{ном}} = p_{\text{пасп}}; \quad (1.10)$$

$$q_{\text{ном}} = p_{\text{ном}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.11)$$

где  $\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(\arccos(\cos \varphi))$  – значение коэффициента реактивной мощности приемников электрической энергии.

Необходимо установить коэффициент использования каждого электроприемника  $K_{\text{и}}$  для вычисления дальнейших расчетных величин.

Далее необходимо определить эффективное число электроприемников и коэффициент расчетной нагрузки, после этого можно вычислить активную, реактивную и полную мощность:

$$P_p = K_p \cdot S(K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}}); \quad (1.12)$$

$$Q_p = K_p \cdot S(K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}} \cdot \operatorname{tg} \varphi); \quad (1.13)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (1.14)$$

Таким образом может вычислить расчетный ток группы приемников электрической энергии

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (1.15)$$

### 1.3.5 Метод расчета электрических нагрузок однофазных электроприемников

Однофазные электроприемники, включенные на фазные и междуфазные (линейные) напряжения и распределенные по фазам с неравномерностью не свыше 15% по отношению к общей мощности трехфазных и однофазных электроприемников в группе, учитываются как трехфазные той же суммарной мощности. В случае превышения указанной неравномерности расчетная нагрузка однофазных электроприемников принимается равной тройной величине нагрузки наиболее загруженной фазы [1].

При отклонении однофазных приемников электрической энергии нагрузки отдельных фаз могут быть определены, как полусуммы нагрузок пары плеч, прилегающих к данной фазе:

$$P_{ном,а} = \frac{P_{ном,ab} + P_{ном,ca}}{2} \quad (1.16)$$

$$P_{ном,b} = \frac{P_{ном,ab} + P_{ном,bc}}{2} \quad (1.17)$$

$$P_{ном,c} = \frac{P_{ном,bc} + P_{ном,ca}}{2} \quad (1.18)$$

Неравномерность нагрузки по фазам может быть определена:

$$\Delta P_{ном} = \frac{P_{ном,max,ф} - P_{ном,min,ф}}{P_{ном,min,ф}} \cdot 100\%, \quad (1.19)$$

где  $P_{ном,max,ф}$ ;  $P_{ном,min,ф}$  представляют собой номинальные мощности наиболее и наименее загруженной фазы, кВт.

### 1.3.6 Метод расчета пиковых электрических нагрузок приемников электрической энергии

Для проектирования качественной сети электроснабжения и выбора необходимых устройств защиты автоматики, необходимо определить пиковые нагрузки.

При пуске оборудования часто возникают пиковые электрические нагрузки. Пиковым током является максимально возможная кратковременная электрическая нагрузка одного или группы приемников электрической энергии длительность которой не превышает 10с.

Важную роль пиковый ток играет при расчетах колебаний напряжения, проверки существующих или проектируемых электрических сетей по условиям самозапуска электродвигателей.

В случае, если группы приемников электрической энергии работают при отстающем токе, тогда пиковый ток возможно определить, как арифметическая сумма наибольшего из пусковых токов двигателей.

$$I_{\Pi} = i_{\Pi, \max} + (I_P - k_{\text{и}} \cdot i_{\text{ном}, \max}) \quad (1.20)$$

При малом числе электроприемников в группе и большом различии их мощностей и коэффициентов мощности пиковый ток определяется по формуле из [1]:

$$I_{\Pi} = i_{\Pi, \max} + K_M \cdot \frac{\sqrt{(P_{\text{см}} - p_{\text{см}})^2 + (Q_{\text{см}} - q_{\text{см}})^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (1.21)$$

где  $P_{\text{см}}, Q_{\text{см}}$  – активная и реактивная мощности всей группы за наиболее загруженную смену;

$p_{\text{см}}, q_{\text{см}}$  – активная и реактивная мощности электроприемника, потребляющего наибольший пиковый ток  $i_{\Pi, \max}$ ;

$K_M$  – коэффициент максимума для всей группы, за исключением электроприемника с наибольшим пиковым током [1].

В случае, когда присутствуют электродвигатели, тогда в качестве  $I_{\Pi}$  мы принимаем суммарный пусковой ток всех участвующих двигателей.

## 2 Аналитическая часть

### 2.1 Светотехнический расчет системы освещения

Искусственное освещение – это получение света от неестественных источников. В их число входит: огонь, газовые установки, электрические лампы и светильники, прожектора и прочее.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное.

Аварийное освещение разделяется на эвакуационное и резервное.

При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения.

Нормируемые характеристики освещения в помещениях и вне зданий могут обеспечиваться как светильниками рабочего освещения, так и совместным действием с ними светильников аварийного освещения.

Искусственное освещение помещений может быть двух систем - общее и комбинированное.

Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для



работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, необходимо раздельное управление освещением таких зон.

Для искусственного освещения следует использовать энергоэкономичные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшей световой отдачей и сроком службы.

Для освещения помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 К до 6800 К. Интенсивность ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320-400 нм не должна превышать 0,03 Вт/м<sup>2</sup>. Наличие в спектре излучения длин волн менее 320 нм не допускается.

Светотехнический расчет следует проводить в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

При проектировании осветительных установок важное значение имеет правильное определение требуемой освещенности объекта. Для этой цели разработаны нормы промышленного освещения на основе классификации работ по определенным количественным признакам, которые приведены в (СП 52.13330.2016)

Выбор источников света для производственных помещений следует проводить после определения норм освещенности.

Нормы освещенности, следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

а) при работах I-IV разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;

б) при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 200 лк и менее;

в) при специальных повышенных санитарных требованиях (на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения 500 лк и менее;

г) при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения 300 лк и менее;

д) при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения 750 лк и менее;

е) при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 500 об/мин, или объектов, движущихся со скоростью, равной или более 1,5 м/мин;

ж) при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м и более;

з) в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

Освещение необходимо спроектировать в хлебном цехе и тестомесильном помещении.

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} \quad (2.1)$$

Для точного определения качественной освещенности был составлен план освещенности хлебного цеха и тестомесильного помещения.

При составлении изолиний освещенности использовали программу DIALux evo.

Программа DIALux evo это современная разработка компании DIAL GmbH, предназначенная для проектирования, расчета и визуализации освещения в любых помещениях.

Для расчета необходимой освещенности в данной программе, мы используем данные:

1. Геометрические размеры помещения
2. Коэффициент запаса помещения
3. Данные выбранного светильника

Для хлебного цеха использованы светильники производственного назначения ДСО 01-60-850 со световым потоком 8448 лм. Для тестомесильного помещения выбран светильник ДСО 01-45-850 со световым потоком 5663 лм.

Зная данные светильника и геометрические параметры помещений можем построить границы освещенности.

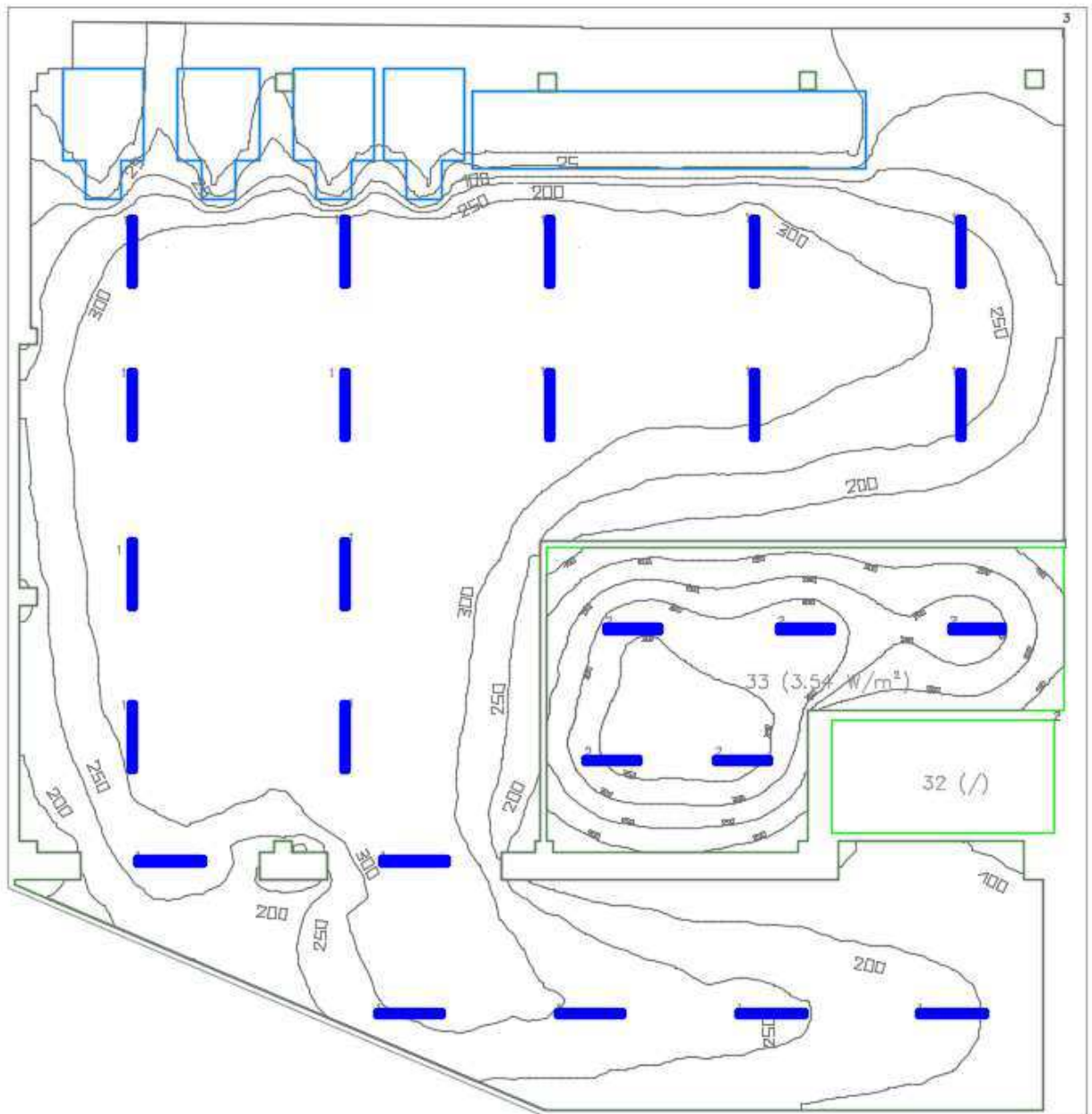


Рисунок 2.1 - Границы освещенности (изолинии) пекарни

Для определения коэффициента необходимо определить индекс помещения.

Для хлебного цеха:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{413}{(2,9 - 0,8)(23,8 + 25)} = 4,03 \approx 4$$

Для тестомесильного помещения:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{64,59}{(2,9 - 0,8)(7,14 + 11,86)} = 1,62 \approx 2$$

Для хлебного цеха освещенность составляет 320 лк.

Расчет количества светильников для хлебного цеха:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{320 \times 413 \times 100 \times 1,25}{96 \times 1 \times 8448} = 20,37 \approx 20 \text{ шт.}$$

Для тестомесильного помещения освещенность составляет 350 лк.

Расчет количества светильников для тестомесильного помещения:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{350 \times 64,59 \times 100 \times 1,25}{92 \times 1 \times 5663} = 5,42 \approx 5 \text{ шт.}$$

Для расчета аварийного освещения хлебного цеха и тестомесильного помещения выбираем норму освещенности 60 лк.

Расчет аварийного освещения для хлебного цеха:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{60 \times 413 \times 100 \times 1,25}{92 \times 1 \times 8448} = 3,99 \approx 4 \text{ шт}$$

Расчет аварийного освещения для тестомесильного помещения:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{60 \times 64,59 \times 100 \times 1,25}{92 \times 1 \times 5663} = 0,929 \approx 1 \text{ шт.}$$

где  $E$  - норма освещенности;

$S$  – площадь помещения;

$K_3$  – коэффициент запаса;

$U$  – коэффициент использования осветительной нагрузки.

### 2.1.1 Расчет осветительной нагрузки пекарни

Хлебный цех:

Для ламп ДСО 01-60-850 принимается  $K_{\text{пот}} = 1,13$ ;  $\cos \varphi = 0,9$ .

$$P_{\text{расч.о}} = 20 * 60 * 0,9 * 1,13 = 1,22 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$Q_{\text{расч.о}} = P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{расч.о}} = 1,22 \cdot 1,26 = 1,54 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{P_{\text{расч.о}}^2 + Q_{\text{расч.о}}^2} \quad (2.3)$$

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{1,22^2 + 1,54^2} = \sqrt{1,49 + 2,37} = 2 \text{ (кВА)}$$

Тестомесильное помещение:

Для ламп ДСО 01-45-850 принимается  $K_{\text{пот}} = 1,13$ ;  $\cos \varphi = 0,9$ .

$$P_{\text{расч.о}} = 5 * 45 * 0,9 * 1,13 = 0,23 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$Q_{\text{расч.о}} = P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,23 * 1,26 = 0,29 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для ламп накаливания определяется следующей формулой:

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{P_{\text{расч.о}}^2 + Q_{\text{расч.о}}^2} \quad (2.5)$$

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,23^2 + 0,29^2} = \sqrt{0,053 + 0,084} = 0,37 \text{ (кВА)}$$

## 2.2 Распределение электроприемников на группы и расчет нагрузок по силовым пунктам

При расчетах систем электроснабжения больших объектов часто приходится объединять приемники электрической энергии в группы, для силовых пунктов, вводно-распределительных щитов.

Данные действия применяются для более экономичного, эффективного и точного обеспечения питанием электроприемники.

Чаще всего в группы объединяют похожие по типу приемники. Такие как двигательные, нагревательные и многие другие.

А также для равномерного распределения нагрузки по шинам трансформаторной подстанции объединяют в равные по типу группы, но одинаковые по нагрузке. Различные приемники электрической энергии по типу, но общая нагрузка всей группы совпадает по значению с нагрузкой иной группы.

Таблица 2.2 – Расчет электрических нагрузок в силовых пунктах

Наименование ЭП	Исходные данные					Расчетные величины					Эффективно е число ЭП	Коэффициент расчетной нагрузки $K_p$	Расчетная мощность			Расчетный ток, А
	Количество ЭП $n$ , шт.	Номинальная мощность, кВт		Коэффициент использования $K_{\text{исп}}$	Коэффициент реактивной мощности		$K_{\text{н}} P_{\text{ном}}$	$K_{\text{н}} P_{\text{ном}} \cdot \text{tg } \varphi$	$n P_{\text{ном}}^2$	активная, кВт			реактивная, квар	полная, кВА		
		одного ЭП $P_{\text{ном}}$	общая $P_{\text{ном}} = \sum (n P_{\text{ном}})$		$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$										
СП1																
Расстойка	2	8	16	0,95	0,95	0,32868	15,2	4,996	128							
Линия Восход	1	7	7	0,85	0,85	0,61974	6,65	4,1213	49							
Дежеопрокидыватель Восход	1	1	1	0,85	0,85	0,61974	0,85	0,52678	1							
Вентиляция приточная	1	4	4	0,6	0,85	0,61974	2,4	1,48739	16							
Вентиляция вытяжная	1	4	4	0,6	0,85	0,61974	2,4	1,48739	16							
Итого:	6	24	28	0,83	0,9	0,56673	27,5	15,585	194	4,04	0,8	22	12,47	28,29	47,2	
СП2																
Водонагреватель	1	27	27	0,95	0,95	0,32868	25,65	8,43075	729							
Термос Восход Прима	2	18	36	0,85	0,85	0,61974	30,6	18,9642	648							
Льдогенератор	1	0,5	0,5	0,85	0,85	0,61974	0,425	0,26339	0,25							
Мукопросеиватель	1	2	2	0,85	0,85	0,61974	1,7	1,05357	4							
Дежеопрокидыватель Субал	1	1,5	1,5	0,85	0,85	0,61974	1,275	0,79017	2,25							
Итого:	6	49	67	0,89	0,89	0,56673	59,65	33,8052	1383,5	3,25	0,7	43,8	23,66	51	77,8	
СП3																
Расстойка	2	8	16	0,95	0,95	0,32868	15,2	4,996	128							
Линия СУБАЛ	1	5	5	0,85	0,85	0,62	4,25	1,39691	25							
Шкаф холодильный	1	4	4	0,9	0,85	0,62	3,6	2,23108	16							
Итого:	4	4	25	0,9	0,92	0,43598	23,05	10,0494	169	3,7	0,8	18,5	8,04	20,12	39,3	

### 2.3 Электротехнический расчет системы освещения

Для светильников общего освещения применяется напряжение 220 В. Питание источников света рабочего и аварийного освещения осуществляется, соответственно от щита освещения и щита аварийного освещения групповыми линиями. Щит рабочего освещения запитан от ВРУ-1, а щит аварийного освещения от ЩГП.

Распределение светильников по фазам по длине групповой линии выполняется для снижения потерь мощности и напряжения в проводе, уменьшения стробоскопического эффекта и снижения ущерба при исчезновении напряжения в одной из фаз. Нагрузку можно считать равномерной, если моменты нагрузок, рассчитанные по формуле (2.6) отличаются незначительно.

$$M = \sum P_i \cdot l_i, \quad (2.6)$$

где  $P_i$  – мощность лампы, кВт;

$l_i$  – расстояние от источника питания до лампы, м.

$$\sum M_a \approx \sum M_b \approx \sum M_c \quad (2.7)$$

Такое размещение позволяет выравнять нагрузку по фазам.

У источника света должен поддерживаться необходимый уровень напряжения.

Потери напряжения, %:

$$\Delta U = \frac{M_{\max}}{K_c \cdot s}, \quad (2.8)$$

где  $K_c = 14,7$  для сети 220 В при алюминиевых проводниках;

$s$  – сечение проводника.

$$s = \frac{M_i}{\Delta U_{\text{доп}} \cdot K_c}, \quad (2.9)$$

где  $\Delta U_{\text{доп}}$  – допустимые потери напряжения,  $\Delta U_{\text{доп}} = 2,5 \%$ .

Расчетная нагрузка:

$$P_{\text{р.о.}} = P_{\text{уст}} \cdot K_c \cdot K_{\text{ПРА}}, \quad (2.10)$$

где  $P_{\text{уст}}$  – установленная мощность ламп;

$K_c$  – коэффициент спроса;

$K_{\text{ПРА}}$  – коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующей аппаратуре.

Максимальный расчетный ток в трехфазной сети:

$$I_{po} = \frac{P_{po}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos\varphi}, \quad (2.11)$$

где  $P_{po}$  – расчетная нагрузка;

$U_l$  – напряжение на лампах, В;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности ламп.

По расчетному току выбираются осветительный щиток типа ЩО, автомат на вводе и на отходящих линиях.

Вследствие того, что сети освещения являются протяжёнными и с малыми сечениями, откуда большое сопротивление, следовательно малый ток к.з., поэтому коммутационную аппаратуру на стойкость не проверяется.

Представим схему соединения светильников в более удобной форме, учитываем, что расстояние между многими светильниками не равное.

На схеме укажем расстояние от ЩО до 1го светильника, расстояние между светильниками, марку светильников.



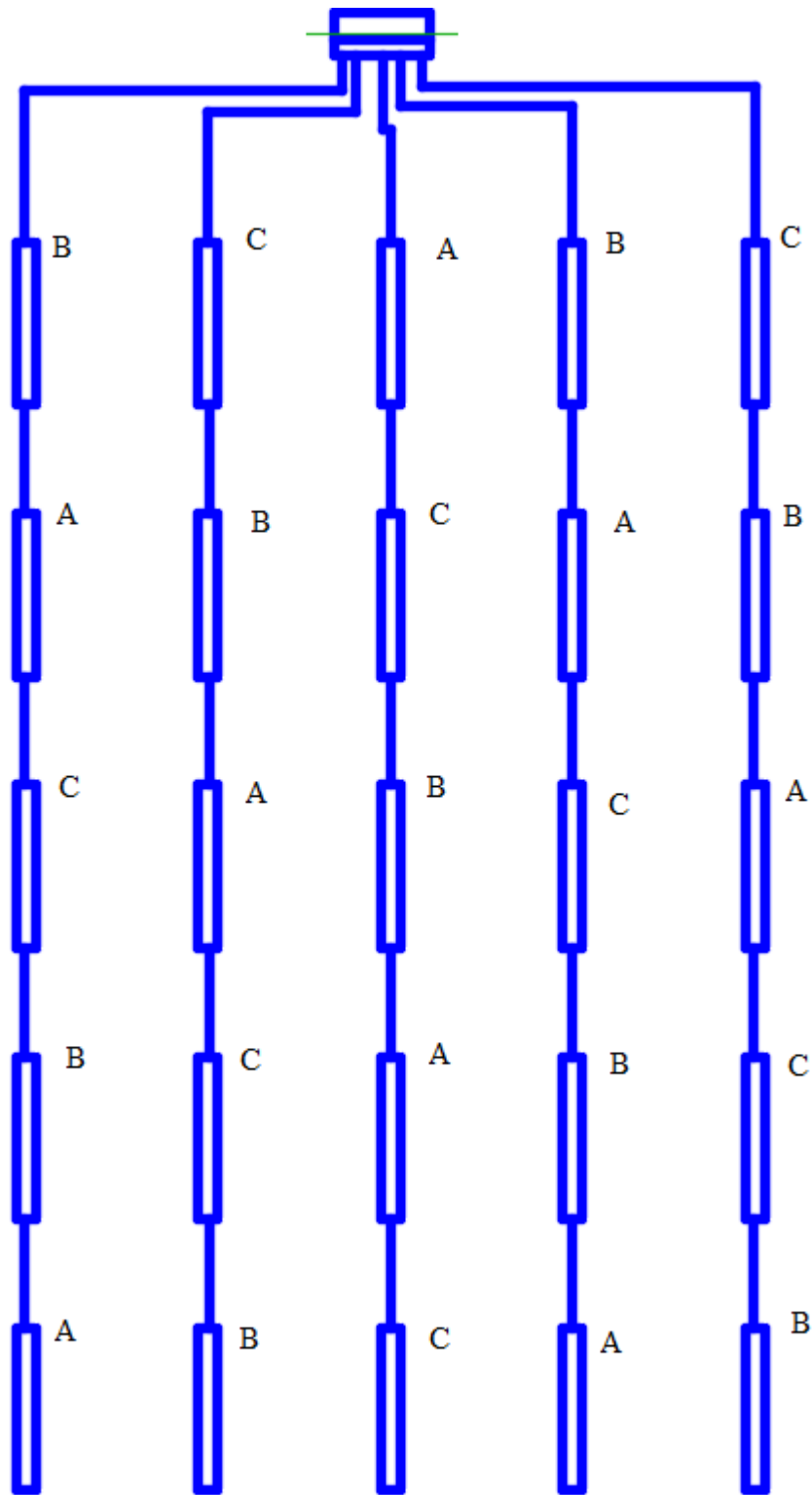


Рисунок 2.2 – Схема питания светильников от щитов освещения

Определим моменты нагрузок светильников:

1 ряд:

$$l_0 = 12,7 \text{ м,}$$

$$M_A = (l_0 + l)P + (l_0 + 4l)P = (12,7 + 4,8) \cdot 0,6 + (12,7 + 4 \cdot 4,8) \cdot 0,6 = 29,64 \text{ кВт} \cdot \text{м,}$$

$$M_B = l_0 P + (l_0 + 3l)P = 12,7 \cdot 0,6 + (12,7 + 3 \cdot 4,8) \cdot 0,6 = 23,88 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$M_C = (l_0 + 2l)P = (12,7 + 2 \cdot 4,8) \cdot 0,6 = 13,38 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

2 ряд:

$$l_0 = 9 \text{ м},$$

$$M_A = (l_0 + 2l)P = (9 + 2 \cdot 4,8) \cdot 0,6 = 16,92 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$M_B = (l_0 + l)P + (l_0 + 4l)P = (9 + 4,8) \cdot 0,6 + (9 + 4 \cdot 4,8) \cdot 0,6 = 25,2 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$M_C = l_0 P + (l_0 + 3l)P = 9 \cdot 0,6 + (9 + 3 \cdot 4,8) \cdot 0,6 = 19,44 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

3 ряд:

$$l_0 = 29,5 \text{ м},$$

$$M_A = l_0 P + (l_0 + l)P = 29,5 \cdot 0,6 + (29,5 + 4,8 + 2 \cdot 3,5) \cdot 0,6 = 42,48 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$M_B = (l_0 + L)P = (29,5 + 3,5 + 4,8) \cdot 0,6 = 22,68 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$M_C = (l_0 + l)P + (l_0 + L)P = (29,5 + 3,5) \cdot 0,6 + (29,5 + 3,5 + 4,8 + 3,5 + 3,2) \cdot 0,6 = 46,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

4 ряд:

$$l_0 = 27,5 \text{ м},$$

$$M_A = (l_0 + l)P + (l_0 + 4l)P = (27,5 + 4,1) \cdot 0,6 + (27,5 + 4 \cdot 4,1) \cdot 0,6 = 45 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$M_B = l_0 P + (l_0 + 3l)P = 27,5 \cdot 0,6 + (27,5 + 3 \cdot 4,1) \cdot 0,6 = 40,38 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

м,

$$M_C = (l_0 + 2l)P = (27,5 + 2 \cdot 4,1) \cdot 0,6 = 21,46 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

5 ряд:

$$l_0 = 9,4 \text{ м},$$

$$M_A = (l_0 + 2l)P = (9,4 + 2 \cdot 3) \cdot 0,45 = 6,93 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$M_B = (l_0 + l)P + (l_0 + 4l)P = (9,4 + 3) \cdot 0,45 + (9,4 + 4 \cdot 3) \cdot 0,45 = 15,21 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$M_C = l_0 P + (l_0 + 3l)P = 9,4 \cdot 0,45 + (9,4 + 3 \cdot 3) \cdot 0,45 = 12,51 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Суммарные моменты по фазам:

$$\sum M_A = \frac{28}{5} \cdot 0,4 \cdot 10 = 22,4 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\sum M_B = \frac{25}{5} \cdot 0,4 \cdot 10 = 20 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\Sigma M_c = \frac{22}{5} \cdot 0,4 \cdot 10 = 17,6 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Нагрузка практически выровнена по фазам.

Рассчитаем моменты в линиях:

1 линия:

$$l_0 = 12,7 \text{ м,}$$

$$M_1 = 5 \cdot 0,4 \cdot \left( 12,7 + \frac{10 \cdot (5-1)}{2} \right) = 65,4 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

2 линия:

$$l_0 = 9 \text{ м,}$$

$$M_2 = 5 \cdot 0,4 \cdot \left( 9 + \frac{10 \cdot (5-1)}{2} \right) = 58 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

3 линия:

$$l_0 = 29,5 \text{ м,}$$

$$M_3 = 5 \cdot 0,4 \cdot \left( 29,5 + \frac{10 \cdot (5-1)}{2} \right) = 99 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

4 линия:

$$l_0 = 27,5 \text{ м,}$$

$$M_4 = 5 \cdot 0,4 \cdot \left( 27,5 + \frac{10 \cdot (5-1)}{2} \right) = 95 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

5 линия:

$$l_0 = 9,4 \text{ м,}$$

$$M_5 = 5 \cdot 0,4 \cdot \left( 9,4 + \frac{10 \cdot (5-1)}{2} \right) = 58,8 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Определим сечение проводников линий:

$$s_1 = \frac{65,4}{2,5 \cdot 14,7} = 1,8 \text{ мм}^2,$$

$$s_2 = \frac{58}{2,5 \cdot 14,7} = 1,58 \text{ мм}^2,$$

$$s_3 = \frac{99}{2,5 \cdot 14,7} = 2,69 \text{ мм}^2,$$

$$s_4 = \frac{95}{2,5 \cdot 14,7} = 2,58 \text{ мм}^2.$$

$$s_5 = \frac{58,8}{2,5 \cdot 14,7} = 1,6 \text{ мм}^2.$$

Выбираем сечение 4 мм<sup>2</sup>.

По формуле (2.10) находим расчетную нагрузку одной группы:

$$P_{po} = 5 \cdot 0,4 \cdot 0,95 \cdot 1,2 = 2,28 \text{ кВт.}$$

По формуле (2.11) находим расчетный ток:

$$I_{po} = \frac{2,28}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,57} = 6,08 \text{ А.}$$

Расчетный ток не превышает допустимый ток кабеля  $I_{доп} = 40 \text{ А}$ .

Определяем потери, исходя из того, что принимаем сечение 4 мм<sup>2</sup>:

$$\Delta U_1 = \frac{65,4}{14,7 \cdot 4} = 1,11 \%,$$

$$\Delta U_2 = \frac{58}{14,7 \cdot 4} = 0,98 \%,$$

$$\Delta U_3 = \frac{99}{14,7 \cdot 4} = 1,69 \%,$$

$$\Delta U_4 = \frac{95}{14,7 \cdot 4} = 1,62 \%,$$

$$\Delta U_5 = \frac{58,8}{14,7 \cdot 4} = 1 \, \%.$$

Принимаем стандартное сечение провода марки ВВГнг-1х4 мм<sup>2</sup>.

Так же выберем кабель от ВРУ-1 до ЩО.

Необходимая мощность 5 кВт.

Расчетный ток :

$$I_p = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,57} = 8,93 \text{ А.}$$

Принимаем стандартное сечение провода марки ВВГнг-1х4 мм<sup>2</sup>.

Допустимый ток перегрузки 49 А.

Данный кабель применим для щита управления вентиляции.

В качестве щита освещения примем щит осветительный ОЩВ-12  
16А/63А.

Выбор щита для управления вентиляцией не требуется.

## **2.4 Расчет нагрузки ВРУ**

Силовые пункты запитаны от ВРУ-1, от ВРУ-2 и ВРУ-3 запитаны наиболее мощные электроприемники (Печи Свеба У40, Печи Иртыш). ВРУ запитаны от КТП кабельными линиями.

Подключение силовых пунктов и мощных электроприемников к ВРУ осуществлено в соответствии с таблицей 2.4.

Таблица 2.4 – Расчет электрических нагрузок по ВРУ

Наименование ЭП	Исходные данные							Расчетные величины			Эффективно число ЭП $n_s = 2 \cdot \Sigma P_{ном} / P_{ном, max}$	Коэффициент расчетной нагрузки $K_r$	Расчетная мощность			Расчетный ток, А
	Количество ЭП $n$ , шт.	Номинальная мощность, кВт		Коэффициент использования $K_n$	Коэффициент реактивной мощности		$K_n \cdot P_{ном}$	$K_n \cdot P_{ном} \cdot \text{tg } \varphi$	$n \cdot P_{ном}^2$	активная, кВт			реактивная, квар	полная, кВА		
		одного ЭП			общая $P_{ном} = \Sigma (n \cdot P_{ном})$	cos $\varphi$									tg $\varphi$	
		$P_{ном, min}$	$P_{ном, max}$													
ВРУ-1																
СП1	6		24	28	0,962	0,89	0,512	27,5	14,09	194						
СП2	6		48,5	66,5	0,909	0,87	0,567	60,425	34,24	1382						
СП3	4		4	25	0,912	0,92	0,436	22,8	9,94	16						
СП4, СП5	2		10	20	0,85	0,95	0,329	17	5,588	200						
Печь Свеба У40	2		95	190	0,95	0,95	0,329	180,5	59,33	18050						
ЩО, ЩУВ	2		5	10	0,95	0,95	0,329	4,75	1,561	25						
Итого:	19		177	329,5	0,94	0,916	0,438	290,93	12,4	19842	4,877	0,8	215,5	94,382	235,26	348,30
ВРУ-2																
Печь Свеба У40	1		95	95	0,95	0,95	0,329	90,25	29,66	9025						
Печь Иртыш	2		75	150	0,95	0,95	0,329	142,5	46,84	11250						
Итого:	3		170	245	0,95	0,95	0,329	232,75	76,5	20275	2,961	0,7	208,2	68,432	219,16	333,1
ВРУ-3																
Печь Свеба У40	1		95	95	0,95	0,95	0,329	90,25	29,66	9025						
Печь Иртыш	2		75	150	0,95	0,95	0,329	142,5	46,84	11250						
Итого:	3		170	245	0,95	0,95	0,329	232,75	76,5	20275	2,961	0,8	208,2	68,432	219,16	333,1

## **2.5 Выбор источника питания**

Источником питания для пекарни ООО «Хлебный дом» является комплектная трансформаторная подстанция с мощностью трансформаторов 630 кВА.

Трансформаторная подстанция предназначена для приема электрической энергии трехфазного тока (частоты 50 Гц напряжением 10 кВ), преобразования в электрическую энергию напряжением 0,4 кВ и снабжения ею административно-складского здания.

Электроснабжение здания осуществляется по существующим кабельным линиям 0,4кВ от РУ-0,4кВ 2КТПК.

В качестве вводно-распределительных устройств здания используются проектируемые ВРУ с автоматическими выключателями.

Учет электроэнергии будет осуществляться счетчиками электрической энергии РМАС201-НВ на 400А, установленных в вводно-распределительных устройствах.

Многоканальный счетчик электроэнергии для технического учета РМАС201-НВ предназначен для применения в промышленности.

Счетчик РМАС201-НВ устанавливается в существующих или новых электроцитах без изменения монтажа.

Благодаря подключению прибора РМАС201-НВ к серверу системы контроля энергопотребления РМАС3624 можно просто и не дорого создать систему технического учета электроэнергии.

Дополнив измерительный прибор токовыми клещами с выходным сигналом 5А ТТС-ССТ, измеритель можно использовать в качестве переносного прибора.

Многоканальный счетчик электроэнергии РМАС201-НВ позволяет производить измерения электроэнергии и основных параметров сети по 12 однофазным или 4 трехфазным каналам.

Многоканальный счетчик электроэнергии РМАС201-НВ обеспечивает учет активной и реактивной электроэнергии. Прибор также предоставляет полную информацию для контроля электрических параметров для 3-фазной или однофазной сети: ток, напряжение,  $\cos \varphi$  (коэффициент мощности), частота, активная мощность, реактивная мощность, полная мощность.

Значения регистрируются в специальный журнал данных объемом 20000 записей для всех параметров, определяемых пользователем, с шагом регистрации 15 мин.

## **3 Практическая часть. Проектирование электроснабжения**

### **3.1 Выбор коммутационных аппаратов**

Выбор коммутационных аппаратов необходимо совершить так чтобы они работали в нормальном режиме, так и после его отключения.

Выбор производится по расчетным данным приемников электрической энергии и их групп, для более качественной защиты.

Для выбора автоматических выключателей необходимо вычислить расчетный ток для каждого электроприемника. Воспользуемся формулами для расчета:

$$P_p = P_{\text{ном}} = 5,0 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 5,0 * 0,62 = 3,1 \text{ кВар}$$

$$S_p = \sqrt{3,1^2 + 5,0^2} = 5,88 \text{ Ква}$$

$$I_p = \frac{5,88 * 10^3}{\sqrt{3} * 380} = 8,94 \text{ А}$$

$$I_{\Pi} = 5 * 8,94 = 44,75 \text{ А}$$

Показатель приемников электрической энергии ПВ не учитываем, так как у всех электроприемников ПВ=100%

Таблица 3.1 - Расчет электрической нагрузки

Позиция ЭП	Наименование ЭП	P <sub>ном</sub> , кВт	P <sub>p1</sub> УР, кВт	cosφ	tgφ	Q, кВАр	S, кВА	I <sub>p</sub> , А	K <sub>п</sub>	I <sub>п</sub> , А
1	Печь Свеба У40	95,0	95,0	0,95	0,33	31,35	100,04	151,99	-	151,99
2	Печь Иртыш	75,0	75,0	0,95	0,33	24,75	78,98	120,00	-	120,00
3	Расстойка	8,0	8,0	0,95	0,33	2,62	8,42	12,8	-	12,79
4	Линия СУБАЛ	5,0	5,0	0,85	0,62	3,1	5,88	8,94	5	44,75
5	Линия Восход	7,0	7,0	0,85	0,62	4,34	8,24	12,5	5	62,5
6	Дежепрокидыватель СУБАЛ	1,5	1,5	0,85	0,62	0,93	1,76	2,68	5	13,4
7	Дежепрокидыватель Восход	1,0	1,0	0,85	0,62	0,62	1,18	1,79	5	8,95
8	Водонагреватель	27,0	27,0	0,95	0,33	8,91	28,43	43,20	-	43,20
9	Термос Восход Прима	18,0	18,0	0,85	0,62	11,16	21,18	32,2	5	155,9
10	Льдогенератор	0,5	0,5	0,85	0,62	0,31	0,59	0,89	5	4,45



### Окончание таблицы 3.1

Позиция ЭП	Наименование ЭП	Rном, кВт	Pp1УР, кВт	cosφ	tgφ	Q, кВАр	S, кВА	Ip, А	Kп	Ip, А
11	Мукопросеиватель	2,0	2,0	0,85	0,62	1,24	2,35	3,58	5	17,9
12	Холодильный шкаф	4,0	4,0	0,85	0,62	2,48	4,71	7,1	-	7,16

#### 3.1.1 Выбор автоматических выключателей для каждого электроприемника

Для приемников электрической энергии выберем автоматические выключатели марки Schneider Electric Acti 9 iC60N 1П 16А и EasyPact EZC. Качественные аппараты в литом корпусе предназначенные для модернизации старой проводки и создания новой распределительной сети электроснабжения. Данный тип выключателей производит компания Schneider Electric.

Таблица 3.2 - Выбор автоматических выключателей для отдельных электроприемников

Наименование ЭП	Ip, (А)	Ip.кн	Тип ВА	Ин.а.	Ин.р.
Печь Свеба У40	151,99	189,9875	EZC	200	200
Печь Иртыш	120	150	EZC	160	160
Расстойка	12,79	15,9875	iC60N	25	25
Линия СУБАЛ	8,94	11,175	iC60N	25	25
Линия Восход	12,51	15,6375	iC60N	25	25
Дежепрокидыватель СУБАЛ	2,68	3,35	iC60N	16	16
Дежепрокидыватель Восход	1,79	2,2375	iC60N	16	16
Водонагреватель	43,2	54	iC60N	63	63
Термос Восход Прима	32,18	40,225	iC60N	50	50
Льдогенератор	0,89	1,1125	iC60N	16	16
Мукопросеиватель	3,58	4,475	iC60N	16	16
ШХ	7,16	8,95	iC60N	16	16

Так же произведем выбор автоматических выключателей для приточной и вытяжной вентиляции.

Таблица 3.3 - Выбор автоматических выключателей для вентиляции

Наименование	Ip, (А)	Ip.кн	Тип ВА	Ин.а.	Ин.р.
Вентиляция приточная	7,15	8,9375	iC60N	16	16
Вентиляция вытяжная	7,15	8,9375	iC60N	16	16

### 3.1.2 Выбор автоматических выключателей для силовых пунктов

Таблица 3.4 - Выбор автоматических выключателей для защиты силовых пунктов

Наименование СП	$I_p$ , (А)	$I_{p.кн}$	Тип ВА	Ин.а.	Ин.р.
СП1	47,2	59	EZC	100	100
СП2	77,8	97,25	EZC	100	100
СП3	39,3	49,125	EZC	80	80
СП4	11,2	14	iC60N	25	25
СП5	11,2	14	iC60N	25	25
ЩУВ	8,93	11,2	iC60N	25	25
ЩО	8,93	11,2	iC60N	25	25

### 3.1.3 Выбор автоматических выключателей для вводно-распределительных устройств

Таблица 3.5 - Выбор автоматических выключателей для ВРУ

№ ВРУ	$I_p$ , (А)	$I_{p.кн}$	Тип ВА	Ин.а.	Ин.р.
1	348,3	435,375	EZC	450	450
2	333,1	416,375	EZC	450	450
3	333,1	416,375	EZC	450	450

## 3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции

Одним из значимых параметров при выборе КЛ является условие окружающей среды. В данных помещениях нормальные условия окружающей среды, выберем КЛ марки АВВГнг (силовой с алюминиевыми жилами с изолированной оболочкой из поливинилхлоридного пластика, без защитного покрова, не горючий кабель).

При сечении кабельной продукции равной 16 мм<sup>2</sup> или менее, необходимо использовать кабель марки ВВГнг (силовой с медными жилами, негорючий кабель)

Прокладка кабельной продукции от КТП до ВРУ будет совершена на полке К1163ц, кабельная продукция от ВРУ до СП и до приемников электрической энергии закрыто в лотках.

Сечение кабеля выбираем по расчетному допустимому току нагрева, согласно выражению (11.1).

$$I_{\text{доп.р.}} = \frac{I_{\text{расч.}}}{k_{\text{п}}}, (\text{А}) \quad (3.1)$$

где  $I_{\text{доп.р.}}$  – расчетный допустимый ток нагрева проводника (А);  $I_{\text{расч}}$  – расчетный ток электроприемника (А);  $k_{\text{п}}$  – поправочный коэффициент, учитывает прокладку в трубах  $k_{\text{п}} = 1$ .

Сечения проводов и жил кабелей цеховой сети должны соответствовать условиям:

$$I_{\text{доп.}} \geq I_{\text{доп.р.}}, \text{ (А)} \quad (3.2)$$

$$I_{\text{доп.}} \geq I_{\text{н.р.}}, \text{ (А)} \quad (3.3)$$

где  $I_{\text{доп}}$  – допустимый ток нагрева кабеля (А);  $I_{\text{доп.р.}}$  – расчетный допустимый ток нагрева проводника (А);  $I_{\text{н.р}}$  – номинальный ток расцепителя (А).

Выберем кабель для трассы, ВРУ1-СП1:

$$I_{\text{расч}} = 47,2 \text{ А}; I_{\text{н.а}} = 100 \text{ А}; I_{\text{н.р}} = 100 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп.р.}} = \frac{47,2}{1} = 47,2 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп.}} \geq 47,2 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп.}} \geq 132 \text{ А}$$

Выбираем кабель АВВГнг 4×50,  $I_{\text{доп}} = 132 \text{ А}$ .

$$132 \geq 47,2 \text{ А}$$

Таблица 3.6 - Выбор кабельно-проводниковой продукции от ВРУ.

Трасса		Длина (м)	I <sub>расч</sub> (А)	I <sub>ном.</sub> (А)	I <sub>ном.р</sub> (А)	I <sub>доп</sub> (А)	Кол-во и сечение жил
Начало	Конец						
ВРУ1	СП-1	57	47,2	100	100	132	4x50
ВРУ1	СП-2	44	77,8	100	100	132	4x50
ВРУ1	СП-3	22	39,3	100	100	132	4x50
ВРУ1	СП-4	40	11,2	80	80	102	2x25
ВРУ1	СП-5	40	11,2	80	80	102	2x25
ВРУ1	Печь Свеба У40	27	151,9	200	200	226	4x120
ВРУ1	Печь Свеба У40	29	151,9	200	200	226	4x120

Окончание таблицы 3.6

Трасса		Длина (м)	I <sub>расч</sub> (А)	I <sub>ном</sub> (А)	I <sub>ном.р</sub> (А)	I <sub>доп</sub> (А)	Кол-во и сечение жил
Начало	Конец						
ВРУ2	Печь Иртыш	37	119,9	160	160	183	4x70
ВРУ2	Печь Иртыш	39	119,9	160	160	183	4x70
ВРУ2	Печь Свеба У40	24	151,9	200	200	226	4x120
ВРУ3	Печь Свеба У40	22	151,9	200	200	226	4x120
ВРУ3	Печь Иртыш	32	119,9	160	160	183	4x70
ВРУ3	Печь Иртыш	34	119,9	160	160	183	4x70
СП-1	Расстойка	21	12,8	80	80	102	2x25
СП-1	Расстойка	15	12,8	80	80	102	2x25
СП-1	Линия Восход	23	12,5	80	80	102	2x25
СП-1	Дежеопроектировщик Восход	22	1,78	79	79	89	2x10
СП-1	Вентиляция приточная	22,5	7,15	80	80	102	2x25
СП-1	Вентиляция вытяжная	22,5	7,15	80	80	102	2x25
СП-2	Водонагреватель	10	43,2	80	80	102	2x25
СП-2	Тестомес Восход Прима	13	155,9	200	200	226	4x120
СП-2	Тестомес Восход Прима	10	155,9	200	200	226	4x120
СП-2	Льдогенератор	16	2,51	79	79	89	2x10
СП-2	Мукопросеиватель	20	3,57	79	79	89	2x10
СП-2	Дежеопроектировщик Субал	9	2,68	79	79	89	2x10
СП-3	Расстойка	27	12,8	80	80	102	2x25
СП-3	Расстойка	21	12,8	80	80	102	2x25
СП-3	Линия Субал	36	8,93	80	80	102	2x25
СП-3	Шкаф холодильный	18	7,15	80	80	102	2x25

Произведем выбор питающих кабелей от шины трансформаторной подстанции до вводно-распределительных устройств пекарни ООО «Хлебный дом».

Таблица 3.7 - Выбор кабельно-проводниковой продукции от КПП до ВРУ

Трасса		Длина (м)	I <sub>расч</sub> (А)	I <sub>ном</sub> (А)	I <sub>ном.р</sub> (А)	I <sub>доп</sub> (А)	Кол-во и сечение жил
Начало	Конец						
АД31Т 100x10	ВРУ1	43	348,3	400	400	464	4x300
АД31Т 100x10	ВРУ2	44	333,1	400	400	464	4x300
АД31Т 100x10	ВРУ3	45	333,1	400	400	464	4x300

### 3.3 Выбор силовых пунктов и прочих электрических устройств

Выбор силовых пунктов осуществляется по двух главным показателям, таких как расчетный ток силового пункта и количество присоединений.

При разработке проекта, желательно уточнить у заказчика, будет ли расширяться производство в пределах данных помещений, именно для того чтобы определиться, будет ли необходимо увеличивать количество присоединений в силовых пунктах. Если такая ситуация возможна, необходимо выбрать силовые пункты на несколько присоединений больше.

Данный пример может помочь избежать создания новой системы электроснабжения, подключив новое оборудование к свободным присоединениям в существующих силовых пунктах.

Таблица 3.8 – Выбор силовых пунктов

Наименование	Марка	Расчетный ток, А	Номинальный ток, А	Количество присоединений СП ном./ факт.
СП-1	ПР8501-1001	47,2	100	6/6
СП-2	ПР8501-1001	77,8	100	6/6
СП-3	ПР8501-1001	39,3	100	6/3
СП-4	ПР8501-1001	11,2	100	6/2
СП-5	ПР8501-1001	11,2	100	6/2

### 3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения в силовой сети

Один из последних этапов проектирования сети электроснабжения различных объектов состоит в проверке сети на потери напряжения. В данном разделе проверим один из самых мощных электроприемников и самый удаленный приемник электрической энергии на потери напряжения.

Убедимся, что в максимальном и минимальном режимах потери напряжения не выходят за допустимые 5%. А в послеаварийном режиме потери напряжения не должны выходить за 10%.

Для расчета воспользуемся формулами:

$$V = \left[ \frac{(U_{\text{un}} - \Delta U_{\text{участка}}) - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \right] * 100\% \quad (3.4.1)$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * I_{\text{расч}} * L (r_{\text{уд}} * \cos \varphi + x_{\text{уд}} * \sin \varphi)}{U_{\text{ном}}} * 100\% \quad (3.4.2)$$

### 3.4.1 Отклонение напряжение для самого мощного приемника электрической энергии

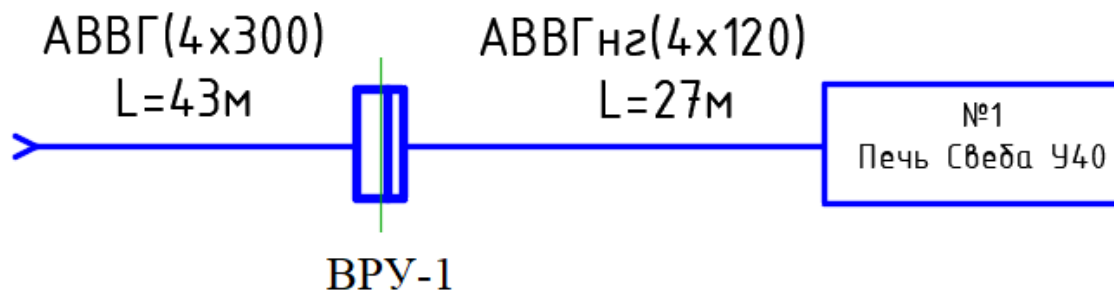


Рисунок 3.1 - Схема замещения для электроприемника №1 Печь Свеба У40

Вычислим потери напряжений от шины АД31Т 100x10 до приемника электрической энергии в максимальном, минимальном и послеаварийном режимах.

Будем учитывать, что в минимальном режиме все потери уменьшаются в 0,3 раза. А в послеаварийном режиме потери в возрастают в 2 раза.

Таблица 3.9 – Максимальный режим

Трасса		Длина (м)	I <sub>расч</sub> (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	Γ <sub>уд</sub> , Ом/м	χ <sub>уд</sub> , Ом/м			
АД31Т 100x10	ВРУ-1	43	348,3	4x300	0,000132	0,0000587	0,94	0,341174	0,983748
ВРУ-1	№1 Печь Свеба У40	27	151,9	4x120	0,00027	0,0000602	0,95	0,31225	0,5146367

Таблица 3.10 – Минимальный режим

Трасса		Длина (м)	I <sub>расч</sub> (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	Γ <sub>уд</sub> , Ом/м	χ <sub>уд</sub> , Ом/м			
АД31Т 100x10	ВРУ-1	43	348,3	4x300	0,000132	0,0000587	0,94	0,341174	0,2951244
ВРУ-1	№1 Печь Свеба У40	27	151,9	4x120	0,00027	0,0000602	0,95	0,31225	0,154391

Таблица 3.11– Послеаварийный режим

Трасса		Длина (м)	I <sub>расч</sub> (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	γ <sub>уд</sub> , Ом/м	χ <sub>уд</sub> , Ом/м			
АД31Т 100х10	ВРУ-1	43	348,3	4х300	0,000132	0,0000587	0,94	0,341174	1,967496
ВРУ-1	№1 Печь Свеба У40	27	151,9	4х120	0,00027	0,0000602	0,95	0,31225	1,0292734

### 3.4.2 Отклонение напряжение для самого удаленного приемника электрической энергии

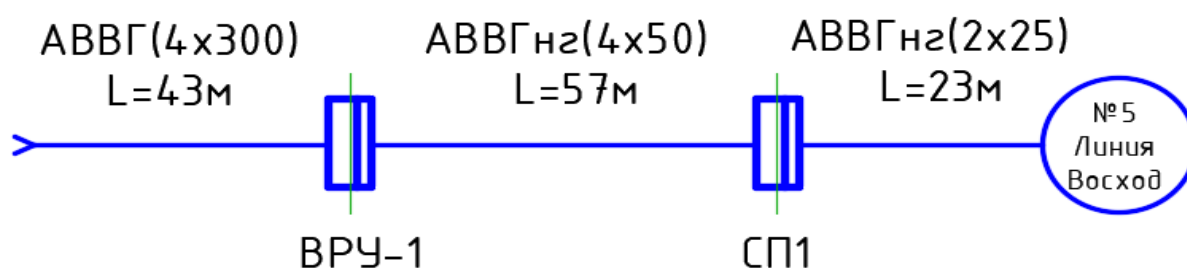


Рисунок 3.2 - Схема замещения для электроприемника №5 Линия Восход

Таблица 3.12– Максимальный режим

Трасса		Длина (м)	I <sub>расч</sub> (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	γ <sub>уд</sub> , Ом/м	χ <sub>уд</sub> , Ом/м			
АД31Т 100х10	ВРУ-1	43	348,3	4х300	0,000132	0,0000587	0,94	0,341174	0,98375
ВРУ-1	СП1	57	151,9	4х50	0,00064	0,0000625	0,89	0,455961	2,36038
СП1	№5 Линия Восход	23	12,5	2х25	0,00128	0,0000662	0,85	0,526783	0,14715

Таблица 3.13– Минимальный режим

Трасса		Длина (м)	I <sub>расч</sub> (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	γ <sub>уд</sub> , Ом/м	χ <sub>уд</sub> , Ом/м			
АД31Т 100х10	ВРУ-1	43	348,3	4х300	0,000132	0,0000587	0,94	0,341174	0,295124
ВРУ-1	СП1	57	151,9	4х50	0,00064	0,0000625	0,89	0,455961	0,708114
СП1	№5 Линия Восход	23	12,5	2х25	0,00128	0,0000662	0,85	0,526783	0,0441435

Таблица 3.14– Послеаварийный режим

Трасса		Длина (м)	I <sub>расч</sub> (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	г <sub>уд</sub> , Ом/м	х <sub>уд</sub> , Ом/м			
АДЗ1Т 100х10	ВРУ-1	43	348,3	4х300	0,000132	0,0000587	0,94	0,341174	1,9675
ВРУ-1	СП1	57	151,9	4х50	0,00064	0,0000625	0,89	0,455961	4,72076
СП1	№5 Линия Восход	23	12,5	2х25	0,00128	0,0000662	0,85	0,526783	0,2943

При расчетах были получены результаты удовлетворяющие требованиям потерь напряжений. Показатели находятся в пределе допустимых потерь.

В максимальном режиме, минимальном режиме, послеаварийном режиме приемники электрической энергии, в данном случае Печь Свеба У40 и Линия Восход, соответствуют нормам. В максимальном, минимальном режимах показатели не превышают 5%, а в максимальном режиме показатели находятся в пределах 10%.

Что доказывает правильность выбора кабельной продукции для данного объекта ООО «Хлебный дом».

### **3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования**

#### **3.5.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания**

Произведем расчет токов трехфазного короткого замыкания для вводно-распределительного устройства №1.

Составим схему замещения



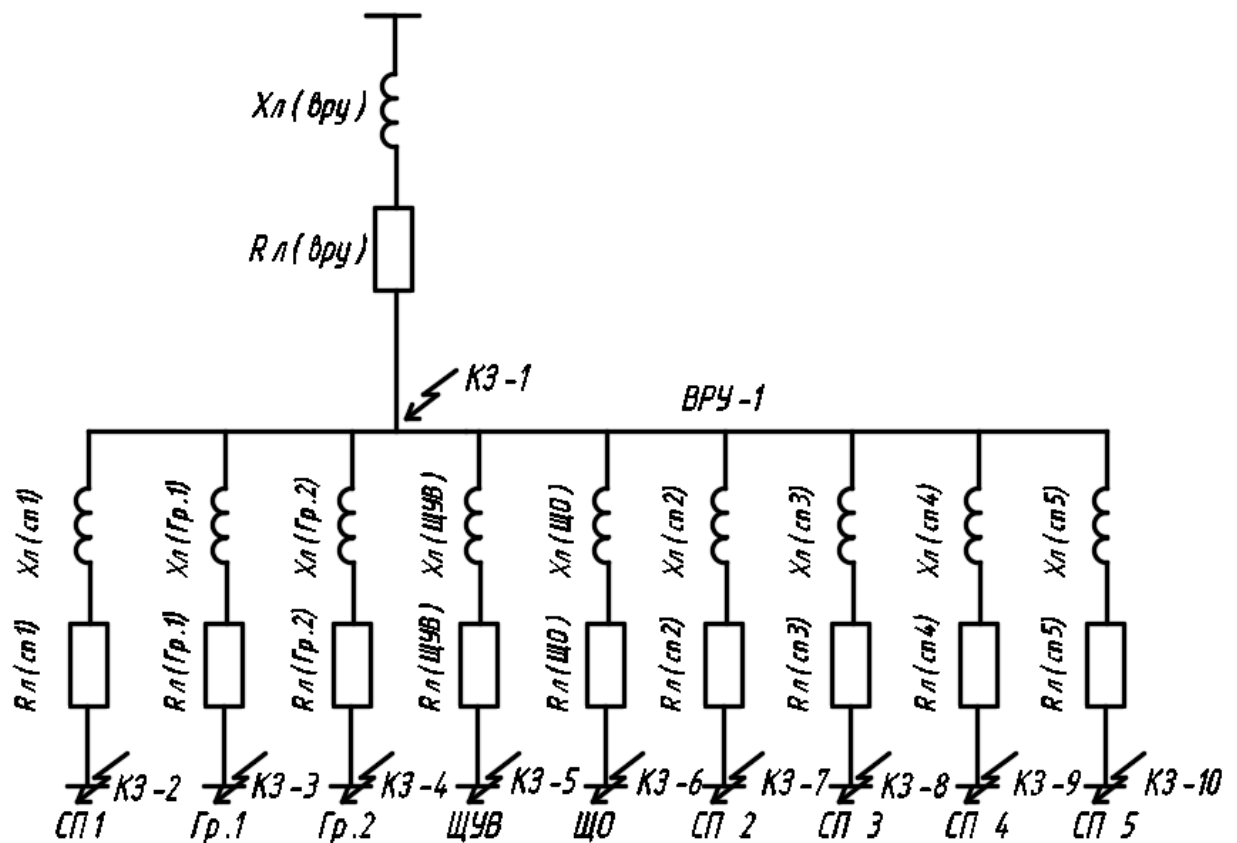


Рисунок 3.3– Расчетная схема для токов трехфазного КЗ для ВПУ-1

Для расчетов тока КЗ необходимо установить значения активной и реактивной мощностей для кабельных линий.

$$X_{уд(впу)} = 0,0587 \text{ Ом/км.}$$

$$R_{уд(впу)} = 0,132 \text{ Ом/км.}$$

$$X_{л(впу)} = 0,0587 \cdot 0,043 = 2,52 \text{ мОм}$$

$$R_{л(впу)} = 0,132 \cdot 0,043 = 5,676 \text{ мОм}$$

$$X_{л(СП1)} = 0,0625 \cdot 0,043 = 3,56 \text{ (мОм)}$$

$$R_{л(СП1)} = 0,64 \cdot 0,043 = 36,5 \text{ (мОм)}$$

Суммарное сопротивление до точки КЗ-1:

$$X_{\Sigma 1} = 25,2 \text{ мОм.}$$

$$R_{\Sigma 1} = R_{л(СП1)} + R_{доб} = 56,76 + 20 = 76,76 \text{ (мОм)},$$

Ток КЗ в рассматриваемой точке:

$$I_{\text{КЗ}-1}^{(3)} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma 1}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{25,2^2 + 76,76^2}} = 2,08 \text{ (кА)}.$$

Аналогична данным расчетом проведем вычисление токов КЗ в других точках. Данные внесем в таблицу.

При расчетах необходимо учитывать  $R_{\text{доб}} = 20 \text{ (мОм)}$  – переходное сопротивление контактов.

Таблица 3.15– Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка КЗ	Руд, Ом/км	Худ, Ом/км	L, м	Рсумм, мОм	Хсумм, мОм	Рдоб, мОм	Ikз, кА
1	0,1320	0,0587	43,00	42,52	5,676	20,00	5,38
2	0,6400	0,0625	57,00	99,02	9,236	20,00	2,32
3	0,2700	0,0602	27,00	69,81	7,301	20,00	3,29
4	0,2700	0,0602	29,00	70,35	7,422	20,00	3,27
5	0,4630	0,0950	44,00	82,82	9,856	20,00	2,77
6	0,4630	0,0950	18,00	70,85	7,386	20,00	3,24
7	0,6400	0,0625	44,00	90,68	8,426	20,00	2,54
8	0,6400	0,0625	22,00	76,6	7,061	20,00	3,01
9	1,2800	0,0662	40,00	67,64	8,326	20,00	3,39
10	1,2800	0,0662	40,00	67,64	8,326	20,00	3,39

### 3.5.2 Проверка элементов сети электроснабжения на отключающую способность ниже 1 кВ

Необходима проверка автоматических выключателей проектируемой системы электроснабжения на отключающую способность. Проверка будет осуществляться с помощью характеристик автоматических выключателей и тока короткого замыкания.

Проверка будет применена к ВРУ-1.

Таблица 3.16– Проверка чувствительности автоматов к однофазным КЗ

Точка КЗ	Наименование электроприемника	Тип автоматического выключателя	Ином.расц, А	Ином.расц *3, А	Ikз, кА
1	0,1320	EZC	450,00	1350	5,384
2	0,6400	EZC	80,00	240	2,322
3	0,2700	EZC	200,00	600	3,29
4	0,2700	EZC	200,00	600	3,265
5	0,4630	iC60N	25,00	75	2,769
6	0,4630	iC60N	25,00	75	3,242
7	0,6400	EZC	100,00	300	2,536
8	0,6400	EZC	80,00	240	3,002

Окончание таблицы 3.16

Точка КЗ	Наименование электроприемника	Тип автоматического выключателя	Ином.расц, А	Ином.расц *3, А	Ikз, кА
9	1,2800	iC60N	25,00	75	3,389
10	1,2800	iC60N	25,00	75	3,389

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы рассчитана система электроснабжения пекарни в городе Абакане ООО «Хлебный дом».

Работа была выполнена с учетом требований правил устройства электроустановок и другой нормативной документации, для обеспечения надежности электроснабжения и качества электроэнергии.

Выполнен расчет мощности по уровням электроснабжения на основании которого выбрана кабельно-проводниковая продукция. Для защиты кабельных линий выбраны автоматические выключатели EZC и iC60N. При выборе автоматов и кабельных линий была учтена недопустимость превышения длительно допустимого тока кабеля над током срабатывания автомата.

Был произведен расчет осветительного оборудования, в качестве основного источника света были выбраны светильники ДСО 01-60-850 и ДСО 01-45-850. Аварийное освещение запитано от ЩГП, оснащённое устройством АВР.

Материалы данной выпускной квалификационной работы были использованы при проектировании пекарни ООО «Хлебный дом» частной организацией.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. – 320 с.
2. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. - М.: ИЦ Академия, 2012. – 352 с.
3. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.
4. Справочник электрика / Под ред. Э. А. Киреевой и С. А. Цырука. – М.: Колос, 2007. – 464 с.
5. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
6. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. N 1715-р)
7. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. – 368 с.
8. Козловская, В. Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 253 с.
9. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 462 с.
10. Справочник мастера-электрика. Проводка, розетки, техника безопасности, инструмент: справочник / В. Новак – Москва: Клуб Семейного Досуга, 2017. – 101 с.
11. Правила устройства электроустановок в вопросах и ответах: учебное пособие / В.В. Красник – Москва: ЭНАС, 2009 – 257 с.
12. Краткий справочник домашнего электрика: справочник / С.Б. Шмаков – Москва: Наука и техника, 2015 – 98 с.
13. Иллюстрированная энциклопедия электрика: учебное пособие / А. Джексон, Д. Дэй – Москва: Издательство АСТ, 2016 – 162 с.
14. Все об электрике: современная иллюстрированная энциклопедия: учебное пособие / М.Ю. Черничкин, С.И. Степанов, И.В. Екимов – Москва: Издательство АСТ, 2016 – 290 с.
15. Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ: учебное пособие. Москва: Эксмо, 2012 - 593
16. Справочник по ремонту, наладке и техническому обслуживанию электрооборудования: учебное пособие / В.П. Салов – Москва: Вента-2, 2007 – 293 с.
17. Большая энциклопедия электрика: учебное пособие / М.Ю. Черничкин – Москва: Эксмо, 2011 – 526 с.
18. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего: учебное.

пособие / В. Г. Родионов. – М. : ЭНАС, 2010. – 352 с

19. Технология энергосбережения : учебник / М. Ю. Сибикин, Ю. Д. Сибикин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ФОРУМ, 2012. – 352 с.

20. Практическое пособие по электрическим сетям и электрооборудованию / С. Л. Кужеков, С. В. Гончаров. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д : Феникс, 2011. – 492 с.

21. Эксплуатация электрических подстанций и распределительных устройств: производственно-практическое пособие / В. В. Красник. – М. : ЭНАС, 2011. – 320 с.

22. Электротехнические основы источников питания: учебник /Ситников, А. В. – Москва: ЭНАС, 2020. – 300 с.

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

«07» 07 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение пекарни ООО «Хлебный дом» г. Абакана

тема

Руководитель Кочет 27.07.20 доцент, к.т.н.  
подпись, дата должность, ученая степень

А.В. Коловский  
инициалы, фамилия

Выпускник Мухом 26.07.2020  
подпись, дата

М.А. Арапаева  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер Сы 26.07.2020  
подпись, дата

И.А. Кычакова  
инициалы, фамилия

Абакан 2020