

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

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

«Электроэнергетика»
кафедра

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение здания котельной в п. Коммунар, РХ

тема

Руководитель _____
подпись, дата

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

Е.В Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

С.Р. Холодкова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

инициалы, фамилия

Абакан 2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение здания котельной в п. Коммунар, Республика Хакасия» содержит 60 страниц текстового документа, 6 рисунков, 25 таблиц, 24 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 здания котельной в п. Коммунар, РХ.

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 освещения для комфортного и безопасного пребывания людей;**
- **Выбор коммутационно-защитной аппаратуры;**
- **Предусмотреть аварийное питание для потребителей 2 категории;**
- **Выбрать систему учета электроэнергии.**
- **Рассмотреть заземление и защитные меры**

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 здания котельной в п. Коммунар, Республика Хакасия.

ABSTRACT

The final qualification work on the topic «Power supply of the boiler house building in Kommunar, Respublic of Khakassia», contains 60 pages of a text document, 6 figures, 25 tables, 24 used sources, 3 sheets of graphic material, no attachments.

POWER SUPPLY, LIGHTING CALCULATION, ELLECTRICAL CALCULATION, CALCULATION OF LOADING, SELECTION OF EQUIPMENT, CHECKING EQUIPMENT, SHORT CIRCUIT CURRENT.

The purpose of the developed power supply system is to provide electricity of proper qallity.

The purpose of the final qualifying work is to calculate the power supply system of the boiler house building in the village of Kommunar, RKh.

The work is relevant, since the initial data is taken for a real newly introduced object.

The tasks of the work are:

- Calculate the load at all levels of power supply and select cable and wire products;
- Calculation and design of lighting for a comfortable and safe stay of people;
- The choice of switching and protective equipment;
- Provide emergency power supply for category 2 consumers;
- Choose an electricity metering system;
- Consider grounding and protective measures.

In the final work, special attention was paid to the sections of the lighting calculation, the calculation of loads for power points and input-distribution devices, as well as the electricity metering system.

Practical value - the calculations of the final qualifying work were used in the design of the bakery of the boiler house in the village of Kommunar, Republic of Khakhasia.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Теоретическая часть	7
1.1 Нормативные требования к электроснабжению проимышленных предприятий	7
1.1.1 Особенности электроснабжения промышленных предприятий	7
1.1.2 Требования нормативных документов при проектировании	7
1.2 Характеристика объекта электроснабжения	8
1.3 Обзор методик расчета электрических нагрузок	11
1.3.1 Метод коэффициента спроса	12
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 в котельной	23
2.2 Распределение электроприемников на группы и расчет нагрузок по силовым пунктам	33
2.3 Электротехнический расчет системы освещения	36
2.4 Расчет нагрузки ВРУ	40
2.5 Выбор источника питания	45
3 Практическая часть. Проектирование электроснабжения	45
3.1 Выбор коммутационных аппаратов	46
3.1.1 Выбор автоматических выключателей для каждого электроприемника	47
3.1.2 Выбор автоматических выключателей для силовых пунктов	48
3.1.3 Выбор автоматических выключателей для вводно-распределительных устройств	48
3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции	48

3.3	Выбор силовых пунктов и прочих электрических устройств	50
3.4	Проверка по допустимым потерям напряжения в силовой сети	51
3.4.1	Отклонение напряжение для самого мощного приемника электрической энергии	51
3.4.2	Отклонение напряжение для самого удаленного приемника электрической энергии	53
3.5	Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования.....	54
3.5.1	Расчет токов трехфазного короткого замыкания	54
3.5.2	Проверка элементов сети электроснабжения на отключающую способность ниже 1 кВ	56
4	Заземление и защитные меры.....	57
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	60

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время электроэнергия занимает большее значение в жизни современного общества. Начиная от производства, а заканчивая бытовыми нуждами.

Основная часть производимой электроэнергии потребляется в промышленности, на долю которой приходится 60%. С помощью электрической энергии производятся в движение миллионы электродвигателей, освещение помещений, осуществляется автоматическое управление технологическими процессами и другими. А где-то электроэнергия является единственным и незаменимым энергоносителем.

На фоне увеличения потребления электроэнергии встает вопрос экономии энергетических ресурсов, которая должна осуществляться путем перехода на энергосберегающие технологии производства; совершенствования энергетического оборудования; сокращение всех видов энергетических потерь; улучшение структуры производства, преобразования и использования энергетических ресурсов.

Электроснабжение любого предприятия должно быть надежным, экономичным с возможностью загрузки на полную мощность. При расчете электроснабжения сельской котельной учены категории токоприемников. Учтены вопросы пожара и взрывобезопасности помещений, в которых расположено электрооборудование.

Целью выпускной квалификационной работы является расчет системы электроснабжения здания котельной в поселке Коммунар.

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

Задачами работы являются:

- Расчет нагрузки на всех уровнях электроснабжения;
- Выбор кабельно-проводниковой продукции;
- Расчет и проектирование освещения для комфортного и безопасного пребывания людей;
- Выбор коммутационно-защитной аппаратуры в сети проектируемого объекта;
- Предусмотреть аварийное питание;
- Выбор системы учета электроэнергии;
- Рассмотрение заземление и защитные меры.

Ценность работы заключается в том, что ее материалы были использованы при проектировании здания котельной в поселке Коммунар, республики Хакасия.

1 Теоретическая часть

1.1 Нормативные требования к электроснабжению промышленных предприятий

1.1.1 Особенности электроснабжения промышленных предприятий

Динамичность технологических процессов и закономерное совершенствование производства требуют от системы электроснабжения современных предприятий: гибкость, простоту, а так же надежность. При этом всем, промышленные объекты (далее промобъекты) различных отраслей хозяйства имеют свои уникальные требования к проектированию каналов электроснабжения.

Электроэнергия – равноправный компонент производственного процесса, а это значит, что правильно спроектированная система электроснабжения промышленного предприятия способно существенным образом оптимизировать издержки и в результате сократить себестоимость продукции.

При проектировании промышленной системы электроснабжения следует руководствоваться практическими принципами. К ним можем отнести, в первую очередь простоту и масштабируемость – система электроснабжения не должна быть многоступенчатой, питающие сети не должны быть длинными, а также способ прокладки сети должен быть максимально простым, кроме этого, система должна обеспечивать возможность внедрения нового оборудования, то есть быть масштабируемой. Далее, это отсутствие перегрузок – при составлении проекта цехов большое значение имеет не только размещение оборудования в цехах, но и расположение трансформаторных подстанций (далее ТП), по возможности каждый участок должен быть снабжен отдельным распределительным устройством (далее РУ), которое устанавливается рядом с центром нагрузки, другие потребители или участки не должны быть подключены к этому устройству, во избежание перегрузки. Следующее, это безопасность – используемое электрооборудование должно обладать степенью защиты, соответствующей условиям работы конкретных цехов.

1.1.2 Требования нормативных документов при проектировании

Помимо вышеизложенных принципов систем электроснабжения промобъектов (гибкость, экономичность, бесперебойность и другое), существуют также определенные нормативные требования к электросетям.

На промобъектах источником питания может быть как электрическая станция центральной системы электроснабжения, так и собственная станция данного предприятия. При большом потреблении электроэнергии, при

удаленности предприятия от энергоисточника или при наличии специальных требований к надежности систем электроснабжения, лучше выбрать вариант собственной подстанции.

При проектировании электроснабжения промышленных предприятий необходимо учитывать требования нормативной документации.

Создания электроснабжения должно учитывать следующие нормативные документы:

- ПУЭ - Правила устройства электроустановок;
- СП 256.1325800.2016 – Проектирование и монтаж электроустановок жилых зданий;
- СП 52.13330.2016 – Естественное и искусственное освещение;
- СП – 2.2.1/2.1.1.1278-03 – Гигиенические требования к естественному освещению жилых и общественных зданий;
- СП 76.13330.2016 – Электротехнические устройства;

1.2 Характеристика объекта электроснабжения

Здание котельной расположено по адресу: республика Хакасия, п. Коммунар, ул. 50 лет ВЛКСМ, 6А. Одна из 16 котельных в Ширинском районе, республики Хакасия. Основным видом деятельности котельной является производство, передача, распределение, пара и горячей воды. Основными потребителями являются образовательные учреждения, дом культуры, спортзал, а так же гостиницы.

Технологический процесс помещения: подсобные помещения, тамбуры, санузел, производственное помещение, склад, котельная.

По степени обеспечения надежности электроснабжения электроприемники отнесены ко 2 категории надежности электроснабжения.

Вторая категория надежности обеспечивается переключением питания при помощи разъединителя в вводной панели ВРУ. Переключение питания осуществляется оперативным дежурным персоналом или членом аварийной бригады. Перерыв в работе электроприемников исчисляется временем необходимым для подключения второго источника, но не должен превышать 30-ти минут. Учет электроэнергии осуществляется трехфазным счетчиком трансформаторного подключения, установленными в ВРУ.

Электроприемники относятся к длительному режиму и повторно-кратковременному режиму. Площадь цеха равна 337,01 м². Суммарная установленная мощность потребителей равна 109,7 кВт. В цехе 20 электроприемник.

Расположение оборудования показано на рисунке 1, оборудование, находящееся в цехе на первом и втором этажах, перечислено в ведомости электрических нагрузок, в таблице 1.1.

Таблица 1.1–Технические показатели электрических приемников цеха на первом этаже

Позиция ЭП	Наименование ЭП	Рном, кВт	U, В	Кол-во, шт
1	Электронасос	55,0	380	3
2	Дымосос	11,0	380	4
3	Вентилятор поддува	2,5	380	5
4	Конвеер золоудаления	7,0	380	1
5	Сварочный аппарат	16,0	380	1
6	Шлифовальный станок	2,0	380	1
7	Сверлильный станок	2,0	380	1
8	Электрический бойлер	2,0	220	1
9	Стиральная машинка	2,2	220	1
10	Электроплита	8,0	220	1
11	Розетки в помещении персонала	2,0	220	1
Итого		109,7		20

Таблица 1.2 – Экспликация помещений на первом этаже

№ на плане	Наименование помещения	Площадь, м ²
1	Подсобное помещение	28,7
2	Производственное помещение	47,4
3	Котельная	127,8
4	Склад	11,1
5	Подсобное помещение	22,8
6	Лестничная клетка	6,4
7	Водомерный узел	4,5
Итого		248,7

Таблица 1.3 – Экспликация помещений на втором этаже

№ на плане	Наименование помещения	Площадь, м ²
8	Подсобное помещение	40,9
9	Подсобное помещение	12,6
10	Подсобное помещение	12,7
11	Помещение персонала	13,2
12	Тамбур	2,43
13	Душевая	2,2
14	Тамбур	2,58
15	Санузел	1,7
Итого		88,31

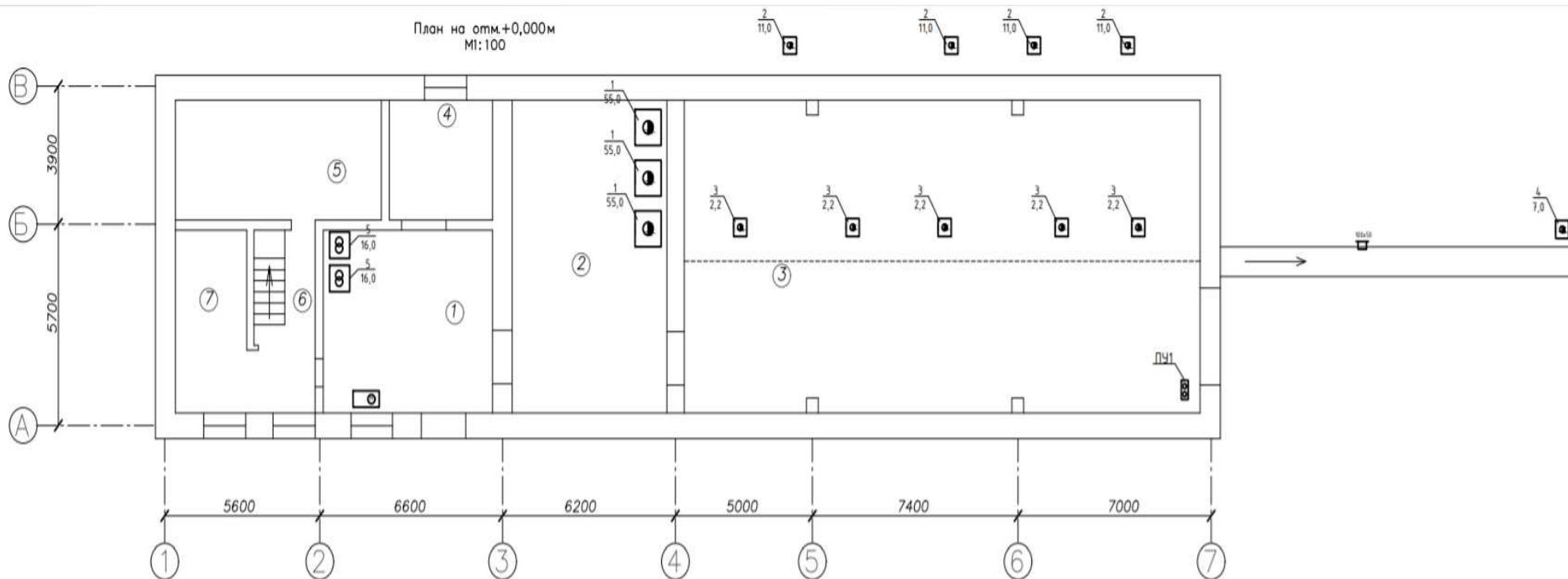


Рисунок 1.1 – План помещений на первом этаже

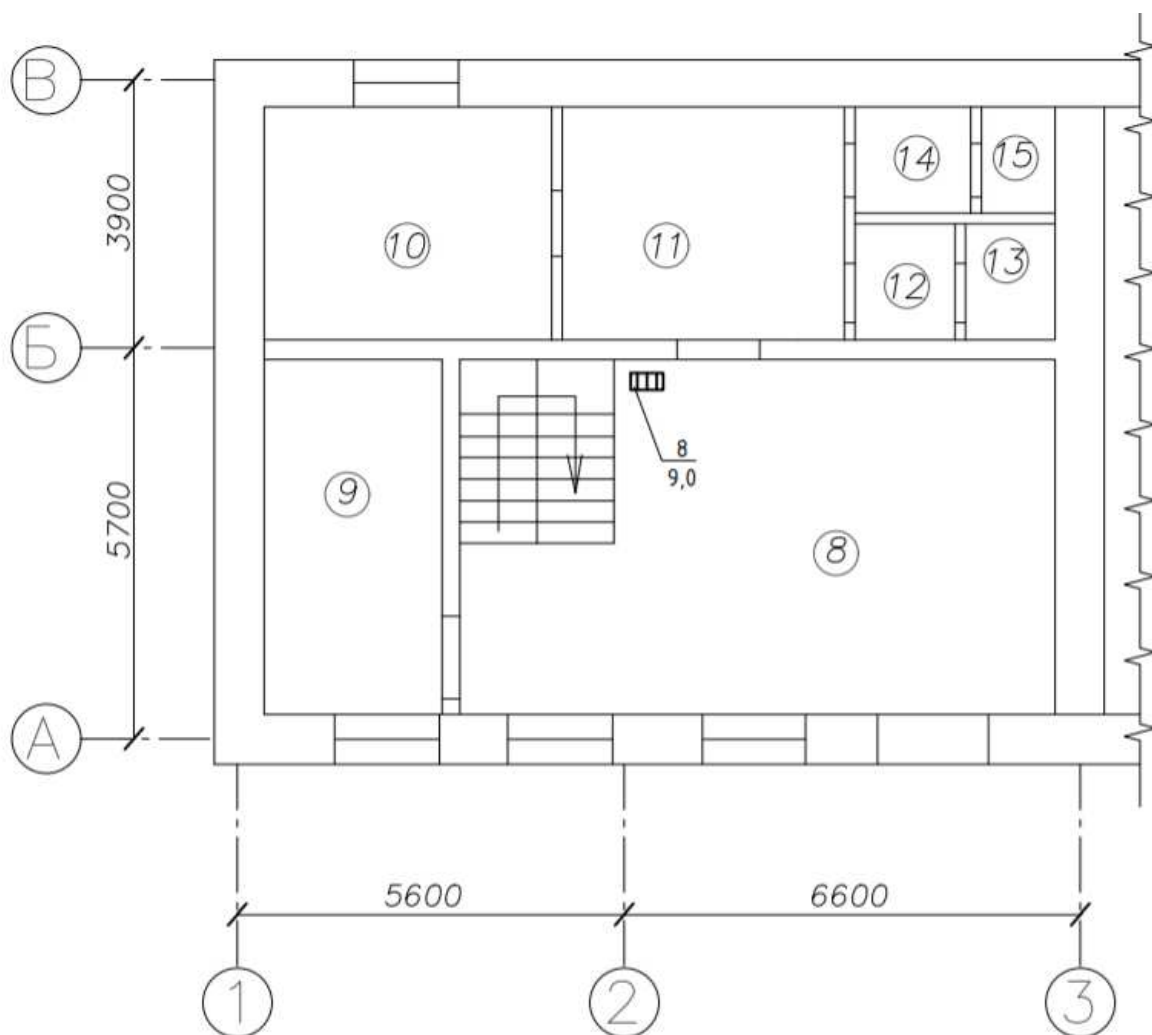


Рисунок 1.2 – План помещений на втором этаже

1.3 Обзор методик расчета электрических нагрузок

Теория расчета электрических нагрузок в большей степени придерживается на неформализованных методах, а именно комплексного метода расчета электрических нагрузок, элементы которого вошли в РТМ 36.18.32.0289 – Указания по расчету электрических нагрузок систем электроснабжения.

Определение электрических нагрузок является первым этапом проектирования системы электроснабжения. 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 нагрузки, которые подразделяются на основные и вспомогательные.[23]

1.3.1 Метод коэффициента спроса

Для того чтобы определить расчетные нагрузки по этому методу необходимо знать установленную мощность ($P_{ном}$) группы приемников и коэффициенты мощности ($\cos \varphi$) и спроса (K_c), а данной группы, определяемые по справочным материалам [2].

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

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

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

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

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

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

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

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.

Приближенным методом расчета является определение расчетной силовой нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса, поэтому данный метод 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 $P_{ср,Т}$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma_{ср,Т}$ из уравнения [23]:

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

где β – 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. [23]

Расчетную нагрузку определяют из выражения:

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

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

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. [23]

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

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

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 10 с.

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.[1]

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

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_{Π} 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/м². 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. [23]

Освещение необходимо спроектировать во всех помещениях здания котельной.

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

Для определения коэффициента необходимо определить индекс помещения.

Расчитаем для 1 этажа:

1. Подсобное помещение:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{31,437}{(3 - 0,8)(6,115 + 5,141)} = 1,27 \approx 1,5$$

2. Производственное помещение:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{49,206}{(5 - 0,8)(5,591 + 8,801)} = 1,55$$

3. Котельная:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{164,033}{(5 - 0,8)(18,638 + 8,801)} = 1,42$$

4. Склад:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{12,574}{(3 - 0,8)(3,727 + 3,374)} = 0,8 \approx 1$$

5. Подсобное помещение:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{25,01}{(3 - 0,8)(7,439 + 3,374)} = 1,05 \approx 1$$

6. Лестничная клетка:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{11,36}{(3 - 0,8)(2,211 + 5,141)} = 0,7 \approx 1$$

7. Производственное помещение:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{13,24}{(3 - 0,8)(2,576 + 5,141)} = 1,55 \approx 2$$

Расчитаем для 2 этажа:

8. Подсобное помещение:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a+b)} = \frac{44,3}{(3-0,8)(8,618+5,141)} = 1,46 \approx 2$$

9. Подсобное помещение:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a+b)} = \frac{13,24}{(3-0,8)(2,576+5,141)} = 1,55 \approx 0,78 \approx 1$$

10. Подсобное помещение:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a+b)} = \frac{14,04}{(3-0,8)(4,161+3,374)} = 0,84 \approx 1$$

11. Помещение персонала:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a+b)} = \frac{13,78}{(3-0,8)(4,084+3,374)} = 0,84 \approx 1$$

12. Тамбур:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a+b)} = \frac{2,43}{(2,2-0,8)(1,448+1,681)} = 0,55$$

13. Душевая:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{2,178}{(2,2 - 0,8)(1,296 + 1,681)} = 0,52$$

14. Тамбур:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a+b)} = \frac{2,58}{(2,2-0,8)(1,678+1,539)} = 0,7$$

15. Санузел:

$$\varphi = \frac{s}{(h_1 - h_2)(a+b)} = \frac{1,64}{(2,2-0,8)(1,066+1,539)} = 0,45$$

Для первого этажа:

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.

Расчет количества светильников:

1. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 31,437 \times 100 \times 1,25}{59 \times 1 \times 3240} = 4,11 \approx 4 \text{ шт.}$$

Для производственного помещения освещенность составляет 200 лк.
Расчет количества светильников:

2. Производственное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 49,206 \times 100 \times 1,25}{57 \times 1 \times 10000} = 2,41 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для котельной освещенность составляет 200 лк.
Расчет количества светильников:

3. Котельная:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 164,033 \times 100 \times 1,4}{59 \times 1 \times 10000} = 7,78 \approx 8 \text{ шт.}$$

Для склада освещенность составляет 100 лк.
Расчет количества светильников:

4. Склада:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{100 \times 12,575 \times 100 \times 1,25}{48 \times 1 \times 3240} = 1,01 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.
Расчет количества светильников:

5. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 25,01 \times 100 \times 1,25}{59 \times 1 \times 3240} = 3,28 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для лестничной клетки освещенность составляет 200 лк.
Расчет количества светильников:

6. Лестничная клетка:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 11,361 \times 100 \times 1,25}{57 \times 1 \times 10000} = 1,54 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для водомерного узла освещенность составляет 200 лк.
Расчет количества светильников:

7. Водомерный узел:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 13,243 \times 100 \times 1,25}{57 \times 1 \times 10000} = 1,79 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для второго этажа:

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.

Расчет количества светильников:

8. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 44,305 \times 100 \times 1,25}{65 \times 1 \times 3240} = 5,26 \approx 5 \text{ шт.}$$

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.

Расчет количества светильников:

9. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 13,243 \times 100 \times 1,4}{41 \times 1 \times 3240} = 2,79 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.

Расчет количества светильников:

10. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 14,039 \times 100 \times 1,25}{48 \times 1 \times 3240} = 2,25 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.

Расчет количества светильников:

11. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 14,039 \times 100 \times 1,25}{48 \times 1 \times 3240} = 2,25 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.

Расчет количества светильников:

12. Тамбур:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 2,43 \times 100 \times 1,25}{33 \times 1 \times 1900} = 0,97 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.

Расчет количества светильников:

13. Душевая:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 2.17 \times 100 \times 1,25}{33 \times 1 \times 1900} = 0,86 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.

Расчет количества светильников:

14. Тамбур:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 2.58 \times 100 \times 1,25}{33 \times 1 \times 1900} = 1.03 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для подсобного помещения освещенность составляет 200 лк.

Расчет количества светильников:

15. Санузел:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \times 1,64 \times 100 \times 1,25}{33 \times 1 \times 1900} = 0,65 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для расчета аварийного освещения на первом и втором этаже выбираем норму освещенности 50 лк.

Для первого этажа:

1. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 31,437 \times 100 \times 1,25}{59 \times 1 \times 3240} = 1,03 \approx 1 \text{ шт.}$$

2. Производственное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 49,206 \times 100 \times 1,25}{57 \times 1 \times 10000} = 0,54 \approx 1 \text{ шт.}$$

3. Котельная:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 164,033 \times 100 \times 1,4}{59 \times 1 \times 10000} = 1,94 \approx 2 \text{ шт.}$$

4. Склад:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 12,575 \times 100 \times 1,25}{48 \times 1 \times 3240} = 0,5 \approx 1 \text{ шт.}$$

5. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 25,01 \times 100 \times 1,25}{59 \times 1 \times 3240} = 0,81 \approx 1 \text{ шт.}$$

6. Лестничная клетка:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 11,361 \times 100 \times 1,25}{57 \times 1 \times 10000} = 0,12 \approx 1 \text{ шт.}$$

7. Водомерный узел:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 13,243 \times 100 \times 1,25}{57 \times 1 \times 10000} = 0,145 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для второго этажа:

8. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 44,305 \times 100 \times 1,25}{65 \times 1 \times 3240} = 1,31 \approx 1 \text{ шт.}$$

9. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 13,243 \times 100 \times 1,4}{41 \times 1 \times 3240} = 0,7 \approx 1 \text{ шт.}$$

10. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 14,039 \times 100 \times 1,25}{48 \times 1 \times 3240} = 0,56 \approx 1 \text{ шт.}$$

11. Подсобное помещение:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 14,039 \times 100 \times 1,25}{48 \times 1 \times 3240} = 0,56 \approx 1 \text{ шт.}$$

12. Тамбур:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 2,43 \times 100 \times 1,25}{33 \times 1 \times 1900} = 0,24 \approx 1 \text{ шт.}$$

13. Душевая:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 2,17 \times 100 \times 1,25}{33 \times 1 \times 1900} = 0,216 \approx 1 \text{ шт.}$$

14. Тамбур:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 2,58 \times 100 \times 1,25}{33 \times 1 \times 1900} = 0,257 \approx 1 \text{ шт.}$$

15. Санузел:

$$N = \frac{E \times S \times 100 \times K_3}{U \times n \times \Phi_{\text{л}}} = \frac{50 \times 1,64 \times 100 \times 1,25}{33 \times 1 \times 1900} = 0,163 \approx 1 \text{ шт.}$$

где E - норма освещенности;

S – площадь помещения;

K₃ – коэффициент запаса;

U – коэффициент использования осветительной нагрузки.

2.1.1 Расчет осветительной нагрузки в котельной

Рассчитаем для первого этажа:

1. Подсобное помещение:

Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 4 * 36 * 0,9 * 1,13 = 0,146 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} Q_{\text{расч.о}} &= P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \\ Q_{\text{расч.о}} &= 0,146 * 1,26 = 0,184 \text{ (кВАр)}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,146^2 + 0,184^2} = 0,235 \text{ (кВА)}$$

2. Производственное помещение:

Для ламп PPI-01-100 принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 2 * 100 * 0,9 * 1,13 = 0,203 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} Q_{\text{расч.о}} &= P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \\ Q_{\text{расч.о}} &= 0,203 * 1,26 = 0,256 \text{ (кВАр)}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,203^2 + 0,256^2} = 0,32 \text{ (кВА)}$$

3. Котельная:

Для ламп PPI-01-100 принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 8 * 100 * 0,9 * 1,13 = 0.813 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} Q_{\text{расч.о}} &= P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \\ Q_{\text{расч.о}} &= 0,813 \cdot 1,26 = 1,025 \text{ (кВАр)}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,813^2 + 1,025^2} = 1,3 \text{ (кВА)}$$

4. Склад:

Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 1 * 36 * 0,9 * 1,13 = 0,036 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} Q_{\text{расч.о}} &= P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \\ Q_{\text{расч.о}} &= 0,036 \cdot 1,26 = 0,046 \text{ (кВАр)}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,036^2 + 0,046^2} = 0,058 \text{ (кВА)}$$

5. Подсобное помещение:

Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 3 * 36 * 0,9 * 1,13 = 0,109 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} Q_{\text{расч.о}} &= P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \\ Q_{\text{расч.о}} &= 0,109 \cdot 1,26 = 0,138 \text{ (кВар)}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,109^2 + 0,138^2} = 0,176 \text{ (кВА)}$$

6. Лестничная клетка:

Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 3 \cdot 36 \cdot 0,9 \cdot 1,13 = 0,109 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} Q_{\text{расч.о}} &= P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \\ Q_{\text{расч.о}} &= 0,109 \cdot 1,26 = 0,138 \text{ (кВар)}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,109^2 + 0,138^2} = 0,175 \text{ (кВА)}$$

7. Водомерный узел:

Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 2 \cdot 36 \cdot 0,9 \cdot 1,13 = 0,073 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,073 \cdot 1,26 = 0,092 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,073^2 + 0,092^2} = 0,117 \text{ (кВА)}$$

Рассчитаем для второго этажа:

8. Подсобное помещение:

Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 5 \cdot 36 \cdot 0,9 \cdot 1,13 = 0,183 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,183 \cdot 1,26 = 0,23 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,183^2 + 0,23^2} = 0,29 \text{ (кВА)}$$

9. Подсобное помещение:

Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 3 \cdot 36 \cdot 0,9 \cdot 1,13 = 0,109 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,109 \cdot 1,26 = 0,138 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,109^2 + 0,138^2} = 0,175 \text{ (кВА)}$$

10. Подсобное помещение:

Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 2 * 36 * 0,9 * 1,13 = 0,073 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,073 \cdot 1,26 = 0,092 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,073^2 + 0,092^2} = 0,117 \text{ (кВА)}$$

11. Помещение персонала:

Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 2 * 36 * 0,9 * 1,13 = 0,073 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,073 \cdot 1,26 = 0,092 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,073^2 + 0,092^2} = 0,117 \text{ (кВА)}$$

12. Тамбур:

Для ламп CD LED 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 1 \cdot 18 \cdot 0,9 \cdot 1,13 = 0,018 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,018 \cdot 1,26 = 0,023 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,018^2 + 0,023^2} = 0,029 \text{ (кВА)}$$

13. Душевая:

Для ламп CD LED 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 1 \cdot 18 \cdot 0,9 \cdot 1,13 = 0,018 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,018 \cdot 1,26 = 0,023 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,018^2 + 0,023^2} = 0,029 \text{ (кВА)}$$

14. Тамбур:

Для ламп CD LED 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 1 * 18 * 0,9 * 1,13 = 0,018 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} Q_{\text{расч.о}} &= P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \\ Q_{\text{расч.о}} &= 0,018 * 1,26 = 0,023 \text{ (кВАр)}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,018^2 + 0,023^2} = 0,029 \text{ (кВА)}$$

15. Санузел:

Для ламп CD LED 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 1 * 18 * 0,9 * 1,13 = 0,018 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$\begin{aligned} Q_{\text{расч.о}} &= P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \\ Q_{\text{расч.о}} &= 0,018 * 1,26 = 0,023 \text{ (кВАр)}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,018^2 + 0,023^2} = 0,029 \text{ (кВА)}$$

Итого:

1. Для ламп PWP-1200 CL 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 25 * 36 * 0,9 * 1,13 = 0,915 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$Q_{\text{расч.о}} = P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.2)$$
$$Q_{\text{расч.о}} = 0,915 * 1,26 = 1,153 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,915^2 + 1,153^2} = 1,47 \text{ (кВА)}$$

2. Для ламп PPI-01-100 принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 10 * 100 * 0,9 * 1,13 = 1,017 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

$$Q_{\text{расч.о}} = P_{\text{расч.о}} \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.2)$$
$$Q_{\text{расч.о}} = 1,017 * 1,26 = 1,28 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{1,017^2 + 1,28^2} = 1,63 \text{ (кВА)}$$

3. Для ламп CD LED 36w принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 4 * 36 * 0,9 * 1,13 = 0,146 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,146 * 1,26 = 0,184 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,146^2 + 0,184^2} = 0,234 \text{ (кВА)}$$

4. Для ламп SKY-0,2 принимается $K_{\text{пот}} = 1,13$; $\cos \varphi = 0,9$.

$$P_{\text{расч.о}} = 4 * 125 * 0,9 * 1,13 = 0,508 \text{ (кВт)}.$$

Расчетная реактивная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$Q_{\text{расч.о}} = 0,508 * 1,26 = 0,64 \text{ (кВАр)}.$$

Расчетная полная нагрузка для светодиодных ламп определяется следующей формулой:

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

$$S_{\text{расч.о}} = \sqrt{0,508^2 + 0,64^2} = 0,817 \text{ (кВА)}$$

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. [23]

Таблица 2.2 – Расчет электрических нагрузок для трехфазных электроприемников

Наименование ЭП	Исходные данные						Расчетные величины					Эффект вносе число ЭП $n_p = \frac{\sum P_{ном}}{P_{ном, max}}$	Коэффициент расчетной нагрузки K_p	Расчетная мощность			$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$ Расчетный ток, А
	Количество ЭП, 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 $P_{ном} = \sum (n \cdot P_{ном})$		cos φ	tg φ										
		$P_{ном, min}$	$P_{ном, max}$														
1	2	3	4	5	6	7	8,00	9	10	11	12,0	13	14	15	16	17	
электронасос	1		55	55	0,7	0,8	0,75	38,5	28,875	3025							
Итого:	1		55	55	0,7	0,80	0,75	38,5	28,875	3025	1	0,8	30,8	23,1	38,5	58,564	
ЦО																	
PWP-1200 CL 36w	25		0,036	0,9	1,13	0,9	0,484322	1,017	0,492556	0,0324							
PPI-01-100	10		0,1	1	1,13	0,9	0,484322	1,13	0,547284	0,1							
СКУ-02	4		0,125	0,5	1,13	0,9	0,484322	0,565	0,273642	0,0625							
CD LED 36w	4		0,036	0,144	1,13	0,9	0,484322	0,16272	0,078809	0,00518							
Итого:	43		0,297	2,544	1,13	0,9	0,484322	2,87472	1,39229	0,20008	32,346	0,8	2,2998	1,1138	2,5553	3,887	
ЦР1																	
дымосос	4		11	44	0,7	0,8	0,75	30,8	23,1	484							
вентилятор поддува	5		2,5	12,5	0,6	0,8	0,75	7,5	5,625	31,25							
конвеер золоудаления	1		7	7	0,4	0,75	0,88	2,8	2,469368	49							
сварочный аппарат	1		16	16	0,25	0,5	1,73	4	6,928203	256							
шлифовальный станок	1		2	2	0,14	0,5	1,73	0,28	0,484974	4							
Сверлительный станок	1		2	2	0,14	0,5	1,73	0,28	0,484974	4							
Итого:	13		40,5	83,5	0,546826	0,385	2,397186	45,66	109,4555	828,25	8,4181	0,8	36,528	87,564	94,878	144,32	
электронасос	1		55	55	0,7	0,8	0,75	38,5	28,875	3025							
Итого:	1		55	55	0,7	0,80	0,75	38,5	28,875	3025	1	0,8	30,8	23,1	38,5	58,564	
электронасос	1		55	55	0,7	0,8	0,75	38,5	28,875	3025							
Итого:	1		55	55	0,7	0,80	0,75	38,5	28,875	3025	1	0,8	30,8	23,1	38,5	58,564	

РАСЧЕТ НАГРУЗОК ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

№	Исходные данные						Вариант симметрирования нагрузки									Расчетные величины																										
	Наименование узлов питания, групп электроприемников, номинальное напряжение и ПВ _н	Число приемников n	Установленная мощность, кВт		Коэффициент использования K _{исп}	Коэффициент реактивной мощности	Установленная мощность однофазных приемников, включенных:									Коэффициенты приведения		Установленная мощность P _{свт} приведенная к фазам (кВт):	Средние нагрузки						Токи в фазах, А			n p ² /сч														
			одного ЭП, P _н				общая P _{сум} = Σ(P _н)	на фазное напряжение, кВт			на линейное напряжение, кВт			линейной нагрузки	к фазе	для мощности			P _{ср} , кВт			Q _{ср} , кВАр			a b c																	
			min	max				a	b	c	ab	bc	ca			p	q		a	b	c	a	b	c	a	b	c															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	#	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32											
1	Спиральная машина	1	2,2	2,2	0,85	0,8	0,75	ВЕРНО - баланс выполнен, при подключении нагрузок на линейные напряжения!	0			ab	a	0,72	0,09	0,0			0,0			0,0			0,0								4,8									
										0		bc	b	0,72	0,09			0,0			0,0				0,0				0,0			0,0										
											2	ca	c	0,72	0,09			1,6				1,3												0,0								
												a	0,28	0,66	0,6			0,5																1,2								
												b	0,28	0,66																												
												c	0,28	0,66																												
	Электрический бойлер	1	2	2	0,85	0,9	0,48	ВЕРНО - баланс выполнен, при подключении нагрузок на линейные напряжения!	0			ab	a	0,64	####	0,0			0,0			0,0					0,0							4,0								
										2		bc	b	0,36	0,53			0,0			0,0				0,0							0,0										
											0	ca	c	0,36	0,53			0,0				0,0													0,0							
												a	0,36	0,53																												
												b	0,64	####																												
												c	0,64	####																												
2	Электроплита	1	8	8	0,75	0,85	0,62	ВЕРНО - баланс выполнен, при подключении нагрузок на линейные напряжения!	8			ab	a	0,68	0,02	5,4			4,1			0,1									64,0											
										0		bc	b	0,32	0,60			2,6			1,9				0,0							3,6										
												ca	c	0,32	0,60			0,0				0,0													0,0							
												a	0,68	0,02																												
												b	0,68	0,02																												
												c	0,68	0,02																												
3	Розетки	4	2	8	0,85	0,9	0,48	ВЕРНО - баланс выполнен, при подключении нагрузок на линейные напряжения!	0			ab	a	0,64	####	0,0			0,0			0,0					0,0					16,0										
										4		bc	b	0,36	0,53			2,6			2,2													0,0								
												ca	c	0,36	0,53			1,4				1,2													1,8							
												a	0,64	####																												
												b	0,64	####																												
												c	0,64	####																												
Итого однофазная нагрузка	7	2	8	20,2					0	0	59	33,7	35,3							7,5	6,4	6,3	5,8	5,2	5,4	3,2	3,4	2,7	28,9	26,9	26,1		88,8									
									Несимметрия токов фаз - 10,6 %		Неравномерность загрузки фаз ≤ 15%, такую нагрузку можно считать симметричной. Эквивалентная трехфазная нагрузка однофазных ЭП представляется в расчете (форма Ф636-92) как сумма всех однофазных нагрузок.																															

Таблица 2.3 – Расчет нагрузки для однофазных электроприемников

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 групповыми линиями. Щит рабочего освещения запитан от ВРУ-1.

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. [1]

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

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 выравнивать 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:

$$I_{\text{ро}} = \frac{P_{\text{ро}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.11)$$

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, учитывая, что расстояние между многими светильниками не равно.

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

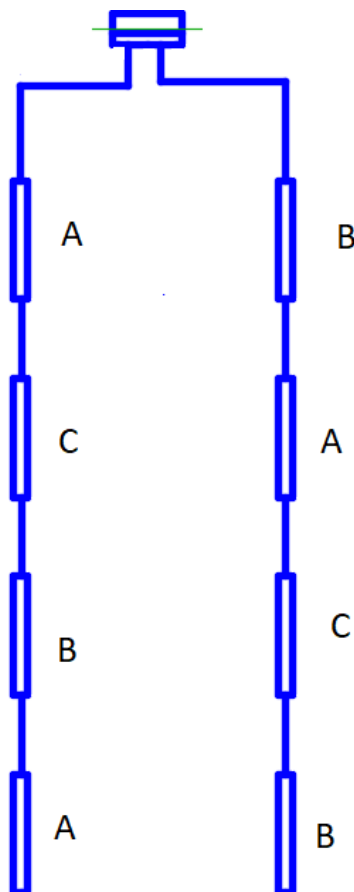


Рисунок 2.2 – Схема питания светильников от щитов освещения в котельной

Определим моменты нагрузок светильников:

1 ряд:

$$\begin{aligned}
l_0 &= 20,54036 \text{ м}, \\
M_A &= (l_0 + l)P + (l_0 + 3l)P = (20,54036 + 3,24513) \cdot 0,1 + \\
&(20,54036 + 3 \cdot 3,24513) \cdot 0,1 = 5,406 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\
M_B &= l_0P + (l_0 + 2l)P = 20,54036 \cdot 0,1 + (20,54036 + 2 \cdot 3,24513) \cdot \\
0,1 &= 4,757 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\
M_C &= (l_0 + l)P = (20,54036 + 2 \cdot 3,24513) \cdot 0,1 = 2,378 \text{ кВт} \cdot \text{м}
\end{aligned}$$

2 ряд:

$$\begin{aligned}
l_0 &= 16,14036 \text{ м}, \\
M_A &= (l_0 + 2l)P = (16,14036 + 2 \cdot 3,24513) \cdot 0,1 = 2,263 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\
M_B &= (l_0 + l)P + (l_0 + 4l)P = (16,14036 + 3,24513) \cdot 0,1 + \\
(16,14036 + 4 \cdot 3,24513) \cdot 0,1 &= 4,85 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\
M_C &= l_0P + (l_0 + 3l)P = 16,14036 \cdot 0,1 + (16,14036 + 3 \cdot 3,24513) \cdot \\
0,1 &= 4,201 \text{ кВт} \cdot \text{м}
\end{aligned}$$

Суммарные моменты по фазам:

$$\begin{aligned}
\sum M_A &= \frac{3,8}{4} \cdot 0,1 \cdot 5 = 0,475 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\
\sum M_B &= \frac{4,8}{4} \cdot 0,1 \cdot 5 = 0,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\
\sum M_C &= \frac{3,2}{4} \cdot 0,1 \cdot 5 = 0,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}.
\end{aligned}$$

Нагрузка практически выровнена по фазам.

Рассчитаем моменты в линиях:

1 линия:

$$\begin{aligned}
l_0 &= 20,54036 \text{ м}, \\
M_1 &= 4 \cdot 0,1 \cdot \left(20,54036 + \frac{5 \cdot (4-1)}{2} \right) = 11,216 \text{ кВт} \cdot \text{м}.
\end{aligned}$$

2 линия:

$$\begin{aligned}
l_0 &= 16,14036 \text{ м}, \\
M_2 &= 4 \cdot 0,1 \cdot \left(16,14036 + \frac{5 \cdot (4-1)}{2} \right) = 9,456 \text{ кВт} \cdot \text{м}.
\end{aligned}$$

Определим сечение проводников линий:

$$s_1 = \frac{11,216}{2,5 \cdot 14,7} = 0,3 \text{ мм}^2,$$

$$s_2 = \frac{9,456}{2,5 \cdot 14,7} = 0,25 \text{ мм}^2,$$

Выбираем сечение 1,5 мм².

По формуле (2.10) находим расчетную нагрузку одной группы:

$$P_{po} = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,95 \cdot 1,2 = 0,228 \text{ кВт.}$$

По формуле (2.11) находим расчетный ток:

$$I_{po} = \frac{0,228}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,57} = 0,608 \text{ А.}$$

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

Определяем потери, исходя из того, что принимаем сечение 1,5 мм²:

$$\Delta U_1 = \frac{11,216}{14,7 \cdot 1,5} = 0,508\%,$$

$$\Delta U_2 = \frac{9,456}{14,7 \cdot 1,5} = 0,428\%,$$

Принимаем стандартное сечение провода марки ВВГнг-3х1,5 мм².

Так же выберем кабель от ВРУ-1 до ЩО.

Необходимая мощность 1,5 кВт.

Расчетный ток :

$$I_p = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,57} = 2,54 \text{ А.}$$

Принимаем стандартное сечение провода марки ВВГнг-3х1,5 мм².

Допустимый ток перегрузки 31 А.

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

2.4 Расчет нагрузки ВРУ

Силовые пункты запитаны от ВРУ-1, запитаны наиболее мощные электроприемники (электронасос – 3 штуки). 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 для электронасосов

Наименование ЭП	Количество ЭП n , шт.	Исходные данные				Расчетные величины					Эффективное число ЭП $n_3 = 2 \cdot \sum P_{ном} / P_{ном, max}$	Коэффициент расчетной нагрузки K_p	Расчетная мощность			Расчетный ток, А
		Номинальная мощность, кВт		общая $P_{ном} = \sum (n \cdot P_{ном})$	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				$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$									
		$P_{ном, min}$	$P_{ном, max}$													
электронасос	3		55	165	0,7	0,8	0,643501	0,75	115,5	86,625	9075					
Итого:	3		55	165	0,7	0,20	1,369438	4,898979	115,5	565,8321	9075	3	0,8	92,4	452,67	462

	n	одного ЭП		общая $P_{\text{ном}} = \sum(n \cdot P_{\text{ном}})$	cos φ	tg φ					$n_3 = 2 \cdot \sum P_{\text{ном}} / P_{\text{ном, max}}$						
		$P_{\text{ном, min}}$	$P_{\text{ном, max}}$														
дымосос	4		11	44	0,7	0,8	0,75	30,8	23,1	484							
вентилятор поддува	5		2,5	12,5	0,6	0,8	0,75	7,5	5,625	31,25							
конвеер золоудаления	1		7	7	0,4	0,75	0,88	2,8	2,469368	49							
сварочный аппарат	1		16	16	0,25	0,5	1,73	4	6,928203	256							
шлифовальный станок	1		2	2	0,14	0,5	1,73	0,28	0,484974	4							
Сверлительный станок	1		2	2	0,14	0,5	1,73	0,28	0,484974	4							
Итого трехазная	13		40,5	83,5	0,54 6826	0,64 167	1,19 53	45,66	54,5774	828,25	8,418 1	0,8	36,52 8	43,66 2	56,92 7	86,5 94	
Итого однофазная	7	2	8	20,2	0,81	0,86 25	0,58 673	16,362	9,60012	448	0,910 8	0,8	13,09	7,680 1	15,17 6	23,0 85	
Итого общая	20		48,5	103, 7	0,59 809	0,75 209	0,87 632	62,022	54,351	1276,25	8,426	0,8	49,61 8	43,48 1	65,97 3	100, 35	

Таблица 2.6 – Расчет электрических нагрузок ЩО

Исходные данные								Расчетные величины			Эффективное число ЭП $n_e = \frac{\sum P_{ном}}{P_{ном, макс}}$	Коэффициент расчетной нагрузки K_p	Расчетная мощность			Расчетный ток, А
Наименование ЭП	Количество ЭП n , шт.	Номинальная мощность, кВт			Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент реактивной мощности		$K_{и} \cdot P_{ном}$	$K_{и} \cdot P_{ном} \cdot \text{tg } \varphi$	$n \cdot p^2_{ном}$			активная, кВт	реактивная, квар	полная, кВА	
		одного ЭП		общая $P_{ном} = \sum (n \cdot P_{ном})$		$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$									
		$P_{ном, min}$	$P_{ном, max}$													
PWP-1200 CL 36w	25		0,036	0,9	1,13	0,9	0,484322	1,017	0,492556	0,0324						
PPI-01-100	10		0,1	1	1,13	0,9	0,484322	1,13	0,547284	0,1						
СКУ-02	4		0,125	0,5	1,13	0,9	0,484322	0,565	0,273642	0,0625						
CD LED 36w	4		0,036	0,144	1,13	0,9	0,484322	0,16272	0,078809	0,00518						
Итого:	43		0,297	2,544	1,13	0,9	0,484322	2,87472	1,39229	0,20008	32,346	0,8	2,2998	1,1138	2,5553	3,887

2.5 Выбор источника питания

Источником питания для здания котельной в п. Коммунар является кабельная линия 0,4кВ от ЗРУ-0,4кВ ТП.

Электроснабжение здания осуществляется по существующим кабельным линиям 0,4кВ от ЗРУ-0,4кВ ТП.

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:

$$P_p = P_{ном} = 55,0 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 55,0 * 0,62 = 34,1 \text{ кВар}$$

$$S_p = \sqrt{34,1^2 + 55,0^2} = 64,71 \text{ Ква}$$

$$I_p = \frac{64,71 * 10^3}{\sqrt{3} * 380} = 98,31 \text{ А}$$

$$I_{п} = 5 * 98,31 = 491,55 \text{ А}$$

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

Таблица 3.1 - Расчет пускового тока электроприемников

Позиция ЭП	Наименование ЭП	$P_{ном}$, кВт	$P_{р1УР}$, кВт	$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$	Q, кВАр	S, кВА	I_p , А	Кп	$I_{п}$, А
1	Электронасос	55,0	55,0	0,8	0,75	34,1	64,71	98,31	5	491,55
2	Электронасос	55,0	55,0	0,8	0,75	34,1	64,71	98,31	5	491,55
3	Электронасос	55,0	55,0	0,8	0,75	34,1	64,71	98,31	5	491,55
4	Дымосос	11,0	11,0	0,8	0,75	6,82	75,02	113,98	5	569,9
5	Дымосос	11,0	11,0	0,8	0,75	6,82	75,02	113,98	5	569,9
6	Дымосос	11,0	11,0	0,8	0,75	6,82	75,02	113,98	5	569,9
7	Дымосос	11,0	11,0	0,8	0,75	6,82	75,02	113,98	5	569,9
8	Вентилятор поддува	2,5	2,5	0,8	0,75	1,55	2,94	4,46	5	22,3

Позиция ЭП	Наименование ЭП	$P_{ном}$, кВт	$P_{плУР}$, кВт	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Q, кВАр	S, кВА	I_p , А	Кп	I_p , А
9	Вентилятор поддува	2,5	2,5	0,8	0,75	1,55	2,94	4,46	5	22,3
10	Вентилятор поддува	2,5	2,5	0,8	0,75	1,55	2,94	4,46	5	22,3

Окончание таблицы 3.1

Позиция ЭП	Наименование ЭП	$P_{ном}$, кВт	$P_{плУР}$, кВт	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Q, кВАр	S, кВА	I_p , А	Кп	I_p , А
11	Вентилятор поддува	2,5	2,5	0,8	0,75	1,55	2,94	4,46	5	22,3
12	Вентилятор поддува	2,5	2,5	0,8	0,75	1,55	2,94	4,46	5	22,3
13	Конвейер золоудаления	7,0	7,0	0,75	0,88	4,34	8,24	12,5 2	5	62,6
14	Сварочный аппарат	16,0	16,0	0,5	1,73	9,92	18,82	28,5 9	5	142,9 5
15	Шлифовальный станок	2,0	2,0	0,85	0,62	1,24	2,35	3,57	5	17,85
16	Сверлильный станок	2,0	2,0	0,5	1,73	1,24	2,35	3,57	5	17,85
17	Электрический бойлер	2,0	2,0	0,5	1,73	1,24	2,35	6,16		6,16
18	Розетки	2,0	2,0	1,2	0,62	1,24	2,35	6,16		6,16
19	Стиральная машинка	2,2	2,2	1,0	0,75	1,36	2,58	6,77		6,77
20	Электроплита	8,0	8,0	0,8	0,33	4,96	9,41	21		21

3.1.1 Выбор автоматических выключателей для каждого электроприемника

Для приемников электрической энергии выберем автоматические выключатели марки IEK. Новейшие аппараты в модульном исполнении предназначенные для минимизации потерь при возникновении аварийных режимов и питающих (вводных) и отходящих линиях распределительных устройств ТП. [24]

Таблица 3.2 - Выбор автоматических выключателей для отдельных электроприемников

Наименование ЭП	I_p , (А)	$I_{p.кн} * 1,25$	Тип ВА	$I_{н.а.}$	$I_{н.р.}$
Дымосос	113,98	136,776	IEK	160	160
Дымосос	113,98	136,776	IEK	160	160
Дымосос	113,98	136,776	IEK	160	160
Дымосос	113,98	136,776	IEK	160	160
Вентилятор поддува	4,46	5,352	IEK	6	6
Вентилятор поддува	4,46	5,352	IEK	6	6
Вентилятор поддува	4,46	5,352	IEK	6	6
Вентилятор поддува	4,46	5,352	IEK	6	6
Вентилятор поддува	4,46	5,352	IEK	6	6

Конвеер золоудаления	12,52	15,024	IEK	32	32
Сварочный аппарат	28,59	34,308	IEK	40	40
Шлифовальный станок	3,57	4,284	IEK	6	6
Сверлильный станок	3,57	4,284	IEK	6	6
Электрический бойлер	3,57	4,284	IEK	6	6
Розетки	6,16	7,7	IEK	10	10
Стиральная машинка	6,77	8,46	IEK	10	10
Электроплита	20,99	26,2375	IEK	32	32

3.1.2 Выбор автоматических выключателей для силовых пунктов

Таблица 3.3 - Выбор автоматических выключателей для защиты силовых пунктов

Наименование СП	I_p , (А)	$I_{p.kн}$	Тип ВА	Ин.а.	Ин.р.
ЩР1	86,594	108,2425	IEK	125	125
ЩО	3,887	4,858	IEK	6	6
Электронасос	98,31	122,8875	IEK	125	125
Электронасос	98,31	122,8875	IEK	125	125
Электронасос	98,31	122,8875	IEK	125	125

3.1.3 Выбор автоматических выключателей для вводно-распределительных устройств

Таблица 3.4 - Выбор автоматических выключателей для ВРУ

№ ВРУ	I_p , (А)	$I_{p.kн}$	Тип ВА	Ин.а.	Ин.р.
1	262,89	328,62	IEK	300	300

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^2 или менее, необходимо использовать кабель марки ВВГнг (силовой с медными жилами, негорючий кабель)

Прокладка кабельной продукции от ТП до ВРУ будет совершена на полке К1160, кабельная продукция от ВРУ до ЩР1, ЩО и до приемников электрической энергии закрыто в лотках и скрыто под штукатуркой.

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-ЩР11:

$$I_{\text{расч}} = 98,954 \text{ А}; I_{\text{н.а}} = 125 \text{ А}; I_{\text{н.р}} = 125 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп.р.}} = \frac{98,954}{1} = 98,954 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп.}} \geq 98,954 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп.}} \geq 135 \text{ А}$$

Выбираем кабель АВВГнг 5×50, $I_{\text{доп}} = 135 \text{ А}$.

$$167 \geq 98,954 \text{ А}$$

Таблица 3.6 - Выбор кабельно-проводниковой продукции от ВРУ.

Трасса		Длина (м)	I _{расч} (А)	I _{ном.} (А)	I _{ном.р.} (А)	I _{доп.} (А)	Кол-во и сечение жил	Марка кабельной продукции
Начало	Конец							
ВРУ1	ЩР1	16,2	98,954	125	125	135	5x50	АВВГнг
ВРУ1	ЩО	8,0	3,887	6	6	49	5x6	ВВГнг
ВРУ1	Электронасос	13,5	98,31	125	125	135	5x50	АВВГнг
ВРУ1	Электронасос	15,0	98,31	125	125	135	5x50	АВВГнг
ВРУ1	Электронасос	16,5	98,31	125	125	135	5x50	АВВГнг

Таблица 3.7 – Выбор кабельно-проводниковой продукции от ЩР1 до ЭП

Трасса		Длина (м)	Iрасч (А)	Iном. (А)	Iном.р. (А)	Iдоп. (А)	Кол-во и сечение жил	Марка кабельной продукции
Начало	Конец							
ЩР1	Дымосос	30	113,98	160	160	261	5x95	АВВГнг
ЩР1	Дымосос	39	113,98	160	160	261	5x95	АВВГнг
ЩР1	Дымосос	44	113,98	160	160	261	5x95	АВВГнг
ЩР1	Дымосос	48	113,98	160	160	261	5x95	АВВГнг
ЩР1	Вентилятор поддува	33	4,46	6	6	36	5x2,5	ВВГнг
ЩР1	Вентилятор поддува	39	4,46	6	6	36	5x2,5	ВВГнг
ЩР1	Вентилятор поддува	44	4,46	6	6	36	5x2,5	ВВГнг
ЩР1	Вентилятор поддува	50	4,46	6	6	36	5x2,5	ВВГнг
ЩР1	Вентилятор поддува	54	4,46	6	6	36	5x2,5	ВВГнг
ЩР1	Конвеер золоудаления	76	12,52	32	32	79	5x10	ВВГнг
ЩР1	Сварочный аппарат	13	28,59	40	40	84	5x16	ВВГнг
ЩР1	Шлифовальный станок	10	3,57	6	6	36	5x2,5	ВВГнг
ЩР1	Сверлильный станок	8	3,57	6	6	36	5x2,5	ВВГнг
ЩР1	Электрический бойлер	13	3,57	6	6	36	3x2,5	ВВГнг
ЩР1	Розетки	55	6,16	10	10	36	3x2,5	ВВГнг
ЩР1	Стиральная машинка	17	6,77	10	10	36	3x2,5	ВВГнг
ЩР1	Электроплита	22	20,99	32	32	79	3x10	ВВГнг

Произведем выбор питающих кабелей от шины трансформаторной подстанции до вводно-распределительных устройств котельной.

Таблица 3.8 - Выбор кабельно-проводниковой продукции от КПП до ВРУ

Трасса		Длина (м)	Iрасч (А)	Iно м. (А)	Iном .р. (А)	Iдо п. (А)	Кол-во и сечение жил	Марка кабельной продукции
Начало	Конец							
ЗРУ- 0,4кВ ТП	ВРУ1	68	262,89	300	300	385	4x185	АВВГнг

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 3.9 – Выбор силовых пунктов

Наименование	Наименование оборудования	Расчетный ток, А	Номинальный ток, А	Количество присоединений ном./ факт.
ВРУ1	ВРУ-113-10УХЛ4	262,89	400	-
ЩР1	ЩРН-24з IP31	98,954	125	17/24
ЩО	ЩРН-П-8	3,887	8	4/8

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:

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

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

3.4.1 Отклонение напряжение для самого мощного приемника электрической энергии

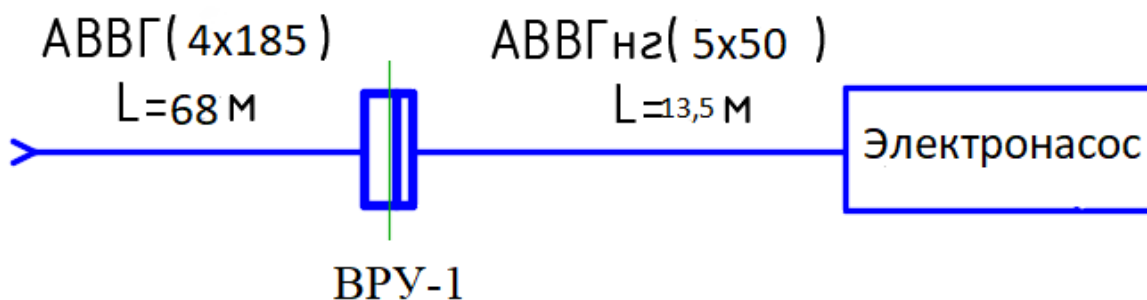


Рисунок 3.1 - Схема замещения для электроприемника №1 Печь Свеба У40

Вычислим потери напряжений от шины АД31Г 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 3.10 – Максимальный режим

Трасса		Длина (м)	I _{расч} (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	Γ _{уд} , Ом/м	Х _{уд} , Ом/м			
ЗРУ-0,4кВ ТП	ВРУ-1	68	262,89	4x185	0,0001	0,0000596	0,94	0,341174	0,931612
ВРУ-1	Электронасос	13,5	98,31	5x50	0,00037	0,0000625	0,95	0,31225	0,22444

Таблица 3.11 – Минимальный режим

Трасса		Длина (м)	I _{расч} (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	Γ _{уд} , Ом/м	Х _{уд} , Ом/м			
ЗРУ-0,4кВ ТП	ВРУ-1	68	262,89	4x185	0,0001	0,0000596	0,94	0,341174	0,279483
ВРУ-1	Электронасос	13,5	98,31	5x50	0,00037	0,0000625	0,95	0,31225	0,067332

Таблица 3.12 – Послеаварийный режим

Трасса		Длина (м)	I _{расч} (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	Γ _{уд} , Ом/м	Х _{уд} , Ом/м			
ЗРУ-0,4кВ ТП	ВРУ-1	68	262,89	4x185	0,0001	0,0000596	0,94	0,341174	1,863224
ВРУ-1	Электронасос	13,5	98,31	5x50	0,00037	0,0000625	0,95	0,31225	0,44888

3.4.2 Отклонение напряжение для самого удаленного приемника электрической энергии

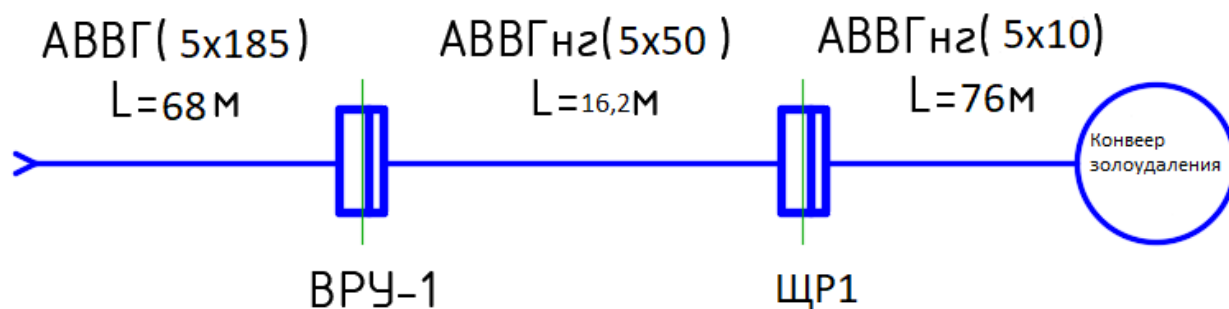


Рисунок 3.2 - Схема замещения для электроприемника №5 Линия Восход

Таблица 3.13– Максимальный режим

Трасса		Длина (м)	I _{расч} (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	Γ _{уд} , Ом/м	χ _{уд} , Ом/м			
ЗРУ-0,4кВ ТП	ВРУ-1	68	262,89	4x185	0,0001	0,0000596	0,94	0,341174	0,931612
ВРУ-1	ЩР1	16,2	98,954	5x50	0,00037	0,0000625	0,89	0,455961	0,261434
ЩР1	Конвеер золоудаления	76	12,52	5x10	0,00184	0,000073	0,85	0,526783	0,694994

Таблица 3.14– Минимальный режим

Трасса		Длина (м)	I _{расч} (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	Γ _{уд} , Ом/м	χ _{уд} , Ом/м			
ЗРУ-0,4кВ ТП	ВРУ-1	68	262,89	4x185	0,0001	0,0000596	0,94	0,341174	0,279484
ВРУ-1	ЩР1	16,2	98,954	5x50	0,00037	0,0000625	0,89	0,455961	0,0784303
ЩР1	Конвеер золоудаления	76	12,52	5x10	0,00184	0,000073	0,85	0,526783	0,208498

Таблица 3.15– Послеаварийный режим

Трасса		Длина (м)	I _{расч} (А)	Кабель			Cosφ	Sinφ	ΔU, %
Начало	Конец			Кол-во и сечение жил	Γ _{уд} , Ом/м	χ _{уд} , Ом/м			
ЗРУ-0,4кВ ТП	ВРУ-1	68	262,89	4x185	0,0001	0,0000596	0,94	0,341174	1,86322
ВРУ-1	ЩР1	16,2	98,954	5x50	0,00037	0,0000625	0,89	0,455961	0,522869
ЩР1	Конвеер золоудаления	76	12,52	5x10	0,00184	0,000073	0,85	0,526783	1,38999

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 электронасос и конвейер золоудаления, 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 котельно в с. Коммунар.

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

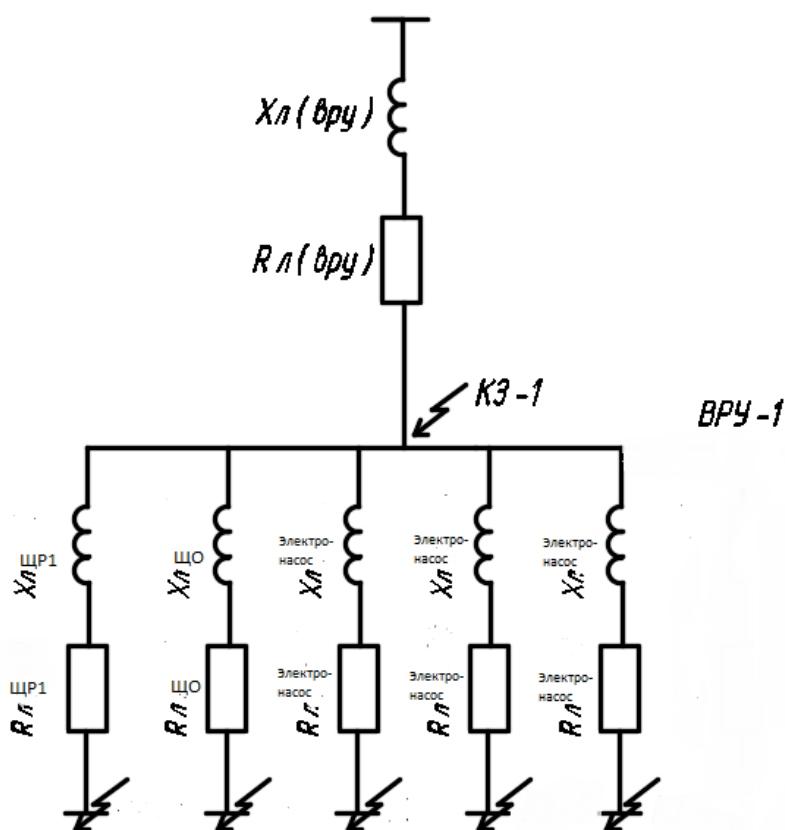


Рисунок 3.3– Расчетная схема для токов трехфазного КЗ для ВРУ-1

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

Таблица 3.16– Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка КЗ	Rуд, Ом/км	Xуд, Ом/км	L, м	Rсумм, мОм	Xсумм, мОм	Rдоб, мОм	Iкз, 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 3.17 – 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
9	1,2800	iC60N	25,00	75	3,389
10	1,2800	iC60N	25,00	75	3,389

4 Заземление и защитные меры

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции электрооборудования, предусмотрена сеть защитного заземления (специальная жила в трех и пяти жильных кабелях), нулевые защитные проводники соединены с защитным заземлением (устройство внутреннего контура защитного заземления). В качестве контура внутреннего заземления используется металлический каркас здания котельной (согласно п.1.7.121 и 1.7.122 ПУЭ). Он является проводником системы уравнивания потенциалов (п.1.7.136 ПУЭ).

Система уравнивания потенциалов в котельной объединяет между собой:

- главную заземляющую шину, расположенную в шкафу ВРУ;
- нулевой защитный РЕ – проводник питающей линии;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и тому подобное;
- металлические части каркаса здания;
- металлические части систем вентиляции;
- заземляющее устройство системы молниезащиты;
- заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления;
- металлические конструкции технологического оборудования;
- металлические корпуса щитов, электрооборудования и осветительной арматуры.

Однофазные сети выполнены трехпроводными, трехфазные – пятипроводными с идентификацией проводов по цветам. В соответствии с п.2.1.31 ПУЭ обеспечена возможность легкого распознавания электропроводки по всей длине проводников: голубой – для нулевого рабочего проводника; желто-зеленый – для нулевого защитного проводника; черного, коричневого, красного, фиолетового, серого, розового, белого, оранжевого, бирюзового – для фазных проводников.

Для мероприятий по уравниванию потенциалов с ГЗШ соединены вводы в здание трубопроводы, смесительный узел, металлические части каркаса здания, заземляющее устройство системы молниезащиты, заземляющий проводник заземлителя повторного заземления на вводе в здание. ГЗШ обозначена на обоих концах продольными или поперечными полосами желто-зеленого цвета одной ширины.

В качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током и повышения пожаробезопасности в распределительных щитах на розеточных группах, предназначенных для подключения переносных электроприборов, предусмотрена установка выключателей с функцией отключения тока прикосновения или тока утечки (АВДТ). В проекте предусмотрена система TN-C-S с нулевым – рабочим и нулевым – защитным проводниками (N, PE), после шин ВРУ, работающих отдельно.

Щиты ЩР1, ЩО оборудованы шинами N и PE, при этом шина N изолирована от корпуса щита. Главная заземляющая шина (ГЗШ) установлена

во ВРУ – шина РЕ. Нулевая жила питающего четырехжильного кабеля соединена с шиной РЕ. ГЗШ присоединена на повторный контур заземления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы рассчитана система электроснабжения котельной в селе Коммунар, республика Хакасия.

Работа 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 IEK. При выборе автоматов и кабельных линий учтена недопустимость превышения длительно допустимого тока кабеля над током срабатывания автомата.

Произведен расчет осветительного оборудования, в качестве основного источника света были выбраны светильники РW – 1200 CL, РPI – 01 – 100, CD LED и СКУ – 0,2.

Материалы данной выпускной квалификационной работы были использованы при проектировании здания котельной в селе Коммунар, республики Хакасия.

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.: Кно-Рус, 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 устройствах: 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.
23. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. пособие / Мельников М.А. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 144 с.
24. IEK real ability. – Режим доступа: <http://iek.ru>.

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
« 29 » 06 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение здания котельной в п. Коммунар, РХ

тема

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

Е.В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник С.Р. Холодкова
подпись, дата

С.Р. Холодкова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер И.А. Кычакова
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2021