

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

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

Электроэнергетика

кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедры
Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия
« » 2020г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (код и наименование специальности)

Реконструкция системы электроснабжения котельной с.Бородино

(наименование темы)

Руководитель _____ «__» 2020г. доцент каф. ЭЭ
подпись, дата должность, ученая степень

Е.В.Платонова

Выпускник _____ «__» ____ 2020г
подпись _____ дата _____

Д.В.Фроловский
инициалы , фамилия

Нормоконтролер _____ «__» ____г.
подпись, дата

И.А.Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2020

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

подпись _____ инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20 ____
г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Фроловскому Дмитрию Викторовичу
фамилия, имя, отчество
Группа ХЭн-16-01 (16-1) Направление (специальность) 13.03.02
номер код
«Электроэнергетика и электротехника»
наименование

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция системы
электроснабжения котельной с. Бородино

Утверждена приказом по университету № 323 от 05.06.2020

Руководитель ВКР Е.В. Платонова, к.т.н., доцент каф. «Электроэнергетика»
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР Однолинейная схема котельной с. Бородино
Перечень разделов ВКР Введение; Характеристика объекта проектирования;
Расчет тепловых нагрузок; Подбор оборудования котельной; Расчет
электрических нагрузок первичных групп электроприемников; Автоматика
котла 800кВт; Светотехнический расчет освещения; Расчет электрических
нагрузок узлов электрической сети и всего цеха (в соответствии с РТМ
36.18.32.4-92); Выбор единичных мощностей и количества трансформаторов
цеховых ТП и ВРУ. Компенсация реактивных нагрузок в электрических
сетях цеха; Выбор конструктивного исполнения электрической сети, марки
проводов, кабелей, способов их прокладки; Расчет защитных аппаратов
электрических приемников и электрических сетей; Выбор сечений проводов
и жил кабелей для подключения ЭП; Электротехнический расчет
электрического освещения. Выбор щитов освещения, кабелей и защитной
аппаратуры; Расчет токов трехфазного и однофазного короткого
замыкания; Расчет стоимости реконструкции котельной; Заключение;
Список использованных источников.

Перечень графического материала Однолинейная схема электроснабжения;
Тепловая схема блочно-модульной котельной; План цеха с разводкой сети,
рабочего и аварийного освещения

Руководитель ВКР _____
подпись

Е.В. Платонова
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____
подпись,

Д.В. Фроловский
инициалы и фамилия студента

« ____ » 20 ____ г.

РЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция системы электроснабжения котельной с. Бородино» содержит 64 страниц текстового документа, 9 рисунков, 18 таблиц, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

**РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ,
АВТОМАТИКА, СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ,
АНАЛИЗ.**

Объект исследования – котельная с. Бородино.

Предмет исследования – методы, способы и средства модернизации системы электроснабжения котельной.

Цель исследования – повышения эффективности работы технологического оборудования котельной и реконструкции системы электроснабжения собственных нужд котельной.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- рассчитать тепловые нагрузки;
- выбрать оборудование собственных нужд котельной;
- рассчитать электрические нагрузки;
- выбрать силовую осветительную сеть котельной.

В течение проработки проекта были получены следующие результаты:

- ✓ балы выбрана блочно-модульная котельная по расчетам тепловых нагрузок;
- ✓ выбрано электрооборудование для собственных нужд котельной;
- ✓ произведен расчет электрических нагрузок и выбрана силовая осветительная сеть котельной;

Практическая значимость: применение результатов работы для модернизации котельной с. Бородино.

ABSTRACT OF THE GRADUATE QUALIFICATION PAPER

Final qualifying work on the topic "Reconstruction of the system power supply of the boiler house with. Borodino "contains 64 pages of a text document, 9 figures, 18 tables, 25 used sources, 3 sheets of graphic material.

RESOURCE SAVING, ENERGY EFFICIENCY, AUTOMATION, LIGHTING TECHNICAL CALCULATION, FORECASTING, ANALYSIS.

The object of the research is the boiler house with. Borodino.

The subject of the research is methods, methods and means of modernizing the boiler house power supply system.

The purpose of the study is to improve the efficiency of the boiler house technological equipment and to reconstruct the power supply system for the boiler house's auxiliary needs.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

- - calculate heat loads;
- - select equipment for the boiler room's own needs;
- - calculate electrical loads;
- - choose the power lighting network of the boiler room.

During the development of the project, the following results were obtained:

- ✓ balls a block-modular boiler room was selected according to the calculations of thermal loads;
- ✓ selected electrical equipment for the boiler house's own needs;
- ✓ the calculation of electrical loads was made and the power lighting network of the boiler house was selected;

Practical significance: the application of the results of the work for the modernization of the boiler house with. Borodino.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Характеристика объекта проектирования	9
2. Расчёт тепловых нагрузок	16
2.1 Расход тепловой энергии на отопление жилых зданий	16
3. Подбор оборудования котельной	19
3.1 Выбор блочно-модульной котельной	19
3.2 Характеристики МКУ – 1,6.	19
3.3 Схема МКУ – 1,6.....	19
4 Расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников	24
5 Автоматика котла 800КВт	27
5.1 Устройство автоматики безопасности котла 800 КВт	27
6 Светотехнический расчет освещения.....	29
6.1 Расчет рабочего освещения	29
6.2 Расчет аварийного освещения	32
6.3 Мощность светильной нагрузки цеха	34
7 Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети и всего цеха (в соответствии с РТМ 36.18.32.4-92)	38
8 Выбор единичных мощностей и количества трансформаторов цеховых ТП и ВРУ. Компенсация реактивных нагрузок в электрических сетях цеха.....	39
8.1 Первый вариант. Новые трансформаторы	39
8.2 Второй вариант. Имеющиеся трансформаторы.....	40
8.3 Экономическое сравнение вариантов	40
9 Выбор конструктивного исполнения электрической сети, марки проводов, кабелей, способов их прокладки.....	43
10 Расчет защитных аппаратов электрических приемников и электрических сетей.....	45
11 Выбор сечений проводов и жил кабелей для подключения ЭП	48
12 Электротехнический расчет электрического освещения. Выбор щитов освещения, кабелей и защитной аппаратуры	52
12.1 Электротехнический расчет рабочего освещения.....	54
12.2 Электротехнический расчет аварийного освещения	58
13 Расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания....	60
13.1 Расчет токов однофазного короткого замыкания.....	60
14 Расчет стоимости реконструкции котельной	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время теплоэнергетические объекты развиваются в направлении мобильных блочно-модульных котельных. Их значительными преимуществами являются: большая производительности топлива, большее КПД, быстрота сборки и установки котельной, так как она состоит из нескольких блок-модулей, что упрощает строительство.

Немаловажным фактором является актуальность теплоснабжения в сельской местности, где тепловое снабжение ограничивается самодельными печными установками и тепловая нагрузка значительно меньше, чем в городской местности.

Система электроснабжения собственных нужд котельной является неотъемлемой частью самой котельной. Для работы насосов, вентиляторов, дымососов требуются электрические двигатели, которые должны питаться от подстанции котельной. Так же для бесперебойной работы котельной требуется автоматика, которая так же потребляет электроэнергию.

1 Характеристика объекта проектирования

В данной работе ставятся цели повышения эффективности работы технологического оборудования котельной и реконструкции системы электроснабжения собственных нужд котельной.

Главными задачами являются:

- расчёт тепловых нагрузок;
- выбор оборудования котельной;
- расчет электрических нагрузок;
- выбор силовой осветительной сети котельной.

Котельная расположена на территории Республики Хакасия в с. Бородино Боградского района и изначально проектировалась для технологических нужд сельскохозяйственного предприятия, которое перестало существовать. Сейчас Котельная обеспечивает только жилые и общественные здания, такие как: детский сад, сельский совет, столовая, школа, два корпуса больницы, дом культуры и спортивный зал. Жилых зданий в с. Бородино насчитывается в количестве 214 единиц, среди которых 146 одноквартирных жилых зданий и 68 двухквартирных жилых зданий.

Данная котельная находится в аварийном состоянии с устаревшим оборудованием, существуют постоянные перебои в теплоснабжении жилых зданий и общественный сооружений, особенно в холодные времена.

Причиной модернизации Бородинской котельной является:

- обвал фронтальной стенки котла;
- работа на резервном оборудовании;
- частые порывы тросов шлакоудаления;
- устаревшее оборудование;
- постоянный перебои теплоснабжения.

Котельная расположена на территории Республики Хакасия в с. Бородино Боградского района.

Котельная расположена районе, где среднегодовая температура воздуха 0,4°C. Относительная влажность воздуха достигает 91%.

Уголь поступает с угольного склада с помощью элеватора и подается на конвейер или скраповый подъемник, после чего распределяется в бункерах запаса, откуда уголь выгружается в засыпной ковш и в топку котла.

Вода, прошедшая предварительную очистку от примесей, абразивных частиц, поступает в котельную через грязевой фильтр. С помощью сетевых насосов она подается в котел, где происходит ее нагрев топочными газами и далее направляется к потребителю. В случае применения двухконтурной схемы устанавливаются дополнительные насосы котлового контура. Дымовые газы поступают в газоход и далее в дымовую трубу. Выгрузка золы и шлака производится с помощью транспортера в отвал либо бункер-шлакосборник.

Преимуществами угольной котельной являются:

- автономность - независимость от магистральных энергоресурсов;
- экономическая эффективность, КПД угольной котельной составляет 84%;
- доступность и невысокая стоимость угольного топлива;
- возможность комплектования различными типами котлов;
- эффективное сжигание низкокачественных углей;
- невысокая стоимость строительства котельной и низкие эксплуатационные расходы;
- небольшое количество обслуживающего персонала;
- бесперебойная работа в сложных климатических условиях;
- в отличие от газовой, строительство угольной котельной не нужно согласовывать в огромном количестве инстанций.

Недостатками угольной котельной являются:

- требуются значительные площади для хранения угля;
- невысокий уровень экологичности топлива;
- необходимость проведения очистки дымовых газов;
- необходимость ежедневной очистки топки;

- необходимость постоянного контроля над процессом горения;
- ранее была ещё и проблема с выбросами вредных веществ в атмосферу, однако сейчас она легко решается системой фильтров.

В таблице 1 представлено электрооборудование котельной и их характеристики

Таблица 1. Технические характеристики электрооборудования

Наименование	P _н , кВт	Количество электроприёмников, n	$\sum P$
Преобразователь ПИМ-3-600	2,2	2	4,4
Привод ПМ-3-600	2,2	4	8,8
Вентилятор вытяжной	0,75	2	1,5
Дымосос	4,5	3	13,5
Насос сетевой	7,5	2	15
Вентилятор дутьевой	15	3	45
Электропривод вагонетки	5,5	1	5,5
Привод решётки	5,5	2	11
Дробилка	5,5	1	5,5
Транспортёр углеподготовки	4	1	4
Водонагреватель	9	1	9
Скрепер ШЗУ	11	1	11
Освещение внутреннее	5	-	5
Освещение наружное	1,5	-	1,5
Освещение лаборатории	2,5	-	2,5
Освещение дробильного отделения угольного склада	1,5	-	1,5

Наименование	P _н , кВт	Количество электроприёмников, n	$\sum P$
Охранное освещение	5	-	5
Скважина насоса пожаротушения	17	1	17
Насос хим. отчистки	1,5	2	3
Насос смесительный	11	1	11
Насос дренажный	7,5	1	7,5
Калорифер СФОЦ подогрев фильтров	17	1	17
Трансформатор 3x360/3x36 В	1,5	1	1,5
Итого:			206,7

По надежности электроснабжения в соответствии с требованиями ПУЭ электроприемники модульной котельной относятся к 1 категории электроснабжения.

К I категории относят электроприемники, перерыв в работе которых может представлять опасность для жизни людей, причинить значительный ущерб народному хозяйству, вызвать повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, нарушение сложного технологического процесса, функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Примеры электропотребителей I категории: насосы водоснабжения и канализации, водоотлив, подъемные машины, вентиляторы главного проветривания, вентиляторы высокого давления и обжиговые, аварийное освещение.

Электроснабжение котельной осуществляется от трансформаторной подстанции, которая располагается отдельно возле здания. Напряжение питающей сети 380/220 В. Подстанция запитывается от воздушной линии

напряжением 10 кВ. Перечень электроприёмников цеха приведён в таблице 1. По надежности и бесперебойности электроснабжения оборудование относится к 1 категории. Освещение помещений объекта осуществляется светильниками со светодиодными лампами. Для защиты персонала от попадания под опасное напряжение предусмотрено зануление и защитное заземление.

Требования по надежности электропривода могут существенно отличаться в зависимости от назначения привода.

Задачами управления электроприводами являются: осуществление пуска, регулирование скорости, торможение, реверсирование рабочей машины, поддержание ее режима работы в соответствии с требованиями технологического процесса; управление положением рабочего органа машины. При этом должны быть обеспечены наибольшая производительность машины или механизма, наименьшие капитальные затраты и расход электроэнергии.

Системы управления электроприводами делят на различные группы в зависимости от способа управления.

По способу управления различают следующие способы управления:

- ручное управление;
- полуавтоматическое (автоматизированное)
- автоматическое управление.

Кроме основных функций системы управления электроприводами могут выполнять некоторые дополнительные функции, к которым относятся:

сигнализация, защита, блокировки и прочее. Кроме того, электропривод должен быть: точным, энергоэффективным, бесперебойным, обладать быстродействием.

Обычно системы управления одновременно выполняют несколько функций.

По необходимости к системам управления электроприводами предъявляются дополнительные требования: взрывобезопасность;

искробезопасность; бесшумность; стойкость к вибрации и значительным ускорениям.

Под модернизацией подразумевается частичная или полная замена технологического оборудования и выполняются необходимые действия по его наладке для эффективной работы котельной.

Модернизация оборудования необходима в случаях:

- физического и морального износа теплоэнергетического оборудования;
- высокого потребления электроэнергии на выработку тепла;
- перебоев температурных режимов;
- перехода с одного вида топлива на другой;
- невозможности постройки новой источника теплоснабжения;
- увеличения выбросов вредных веществ в экосистему.

Модернизация котельной заключается в:

- обновление оборудования котельной (в частности водогрейных котлов), систем и установок регулирования;
- перепроектировка помещений котельной для оптимизации и ее работы;
- автоматизация всех процессов, происходящих в котельной.

Работа по модернизации котельной:

После модернизации получаем

- увеличение эффективности функционирования теплового оборудования
- повышение коэффициента полезного действия
- надежность в эксплуатации котельной
- уменьшение расхода топлива
- улучшение экологической обстановки

Модернизация позволяет эксплуатировать технологическое оборудование в безаварийном режиме с меньшими затратами и гораздо более продолжительное время.

Для модернизации выберем блочно-модульную угольную котельную.

В данной работе ставятся цели повышения эффективности работы технологического оборудования котельной и реконструкции системы электроснабжения собственных нужд котельной.

Главными задачами являются:

- расчёт тепловых нагрузок;
- выбор оборудования котельной;
- расчет электрических нагрузок;
- выбор силовой осветительной сети котельной.

2. Расчёт тепловых нагрузок

Суммарная тепловая мощность теплогенерирующего оборудования должно покрывать расходы тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение потребителями – жилыми зданиями.

2.1 Расход тепловой энергии на отопление жилых зданий

Максимальный расчётный расход тепловой энергии на отопление жилого здания по укрупнённым показателям определяется по формуле [1]:

$$Q_{\text{от.пз}}^{\text{макс}} = c * \alpha_t * 0,001 * q_0 * V_{\text{зд}}(t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о}}) * 10^{-6}, \frac{\text{Гкал}}{\text{ч}} \quad (2.1)$$

Где с - коэффициент, учитывающий единицы измерения теплового потока и соответственно равный с = 1;

α_t - поправочный коэффициент к удельной отопительной характеристике, зависит от расчётной температуры наружного воздуха;

q_0 - удельная отопительная характеристика здания, $\frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}}$, принимается по таблицам 3 и 4 [1];

$V_{\text{зд}}$ - строительный объём здания по наружному обмеру, м³;

Рассчитаем объём двухквартирного дома:

$$V_{\text{зд}} = a * b * h = 6,9 * 11 * 3 = 227 \text{ м}^3$$

Остальные значения рассчитываем аналогично предыдущему уравнению.

Значений строительного объёма зданий представлена в таблице 2.1:

Таблица 2.1 - Значения строительного объёма зданий

Наименование	$V_{\text{зд}}, \text{м}^3$
Спортивный зал	2000
Школа	6000

Наименование	$V_{зд}, м^3$
Больница - корпус №1	250
Больница - корпус №2	540
Детский сад	2000
Дом культуры	3500
Сельский совет	250
Одноквартирные дома	116
Двухквартирные дома	227
Итого:	46912

твн - средняя температура в отапливаемом здании, °C;

тн.о - расчётная температура наружного воздуха, °C.

Поправочный коэффициент α_t для жилых зданий в уравнении (2.1) можно определить по таблице 1.8 [1] или по формуле:

$$\alpha_t = 1,3 + 0,01 \cdot t_{н.о} \quad (2.2)$$

В соответствии с таблицей 4.1 [2] расчётная температура наружного воздуха для города Абакан тн.о=-40°C, тогда по выражению (2.2) поправочный коэффициент α_t будет равен:

$$\alpha_t = 1,3 + 0,01 * (-40) = 0,9$$

Расчётная температура внутри жилого здания принимается по таблице 4.2 [2] и составляет твн =21°C.

Удельная отопительная характеристика жилого здания с учётом строительного объёма здания $V_{зд}=227 м^3$ по таблицам 3 и 4 [1] составляет

$$q_0 = 0,62 \text{ (постройка до 1958г)} \text{ и } 0,78 \text{ (постройка после 1958)} \frac{\text{ккал}}{м^3 \cdot ч \cdot °C}$$

Тогда на основании исходных, справочных и расчётных данных максимальный расход теплоты на нужды отопления производственного здания по уравнению (2.1) составит:

$$Q_{\text{от.пз}}^{\text{макс}} = 1 * 0,9 * 0,001 * 0,62 * 227(21 - (-40)) * 10^{-6} = 7,727 * 10^{-6} \frac{\text{Гкал}}{\text{ч}}$$

Результаты расчётов максимального расхода теплоты на нужды отопления для жилых зданий приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Расход тепловой энергии для нужд отопления

Наименование	Количество	α	$q, \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 * \text{ч} * ^\circ\text{C}}$	$V, \text{м}^3$	$t_{\text{вн}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{но}}, ^\circ\text{C}$	$Q, \frac{\text{Гкал}}{\text{ч}} * 10^{-6}$
Спортивный зал	1	0,9	0,78	3888	21	-40	85,64
Школа	1	0,9	0,78	11160	21	-40	256,93
Больница - корпус №1	1	0,9	0,78	250	21	-40	10,71
Больница - корпус №2	1	0,9	0,78	540	21	-40	23,12
Детский сад	1	0,9	0,78	3240	21	-40	85,64
Дом культуры	1	0,9	0,78	4500	21	-40	149,88
Сельский совет	1	0,9	0,78	250	21	-40	10,71
Одноквартирные дома	146	0,9	0,62	144	21	-40	300,08
Двухквартирные дома	68	0,9	0,78	288	21	-40	1730,27
Итого:							2652,98

Для выбора теплопроизводительности котельной нужно перевести Гкал/ч в МВт. 1 Гкал/ч = 1,163 МВт. Соответственно теплопроизводительность котельной будет равна:

$$Q = 2652,98 * 10^{-6} * 1,163 = 0,3085 * 10^{-2} \text{ МВт}$$

3. Подбор оборудования котельной

3.1 Выбор блочно-модульной котельной

По расчётным данным тепловых нагрузок и отопляемого объёма выбираем блочно-модульную котельную фирмы “Котёл-КВ” МКУ – 1,6 МВт, работающую на каменном и буром угле.

3.2 Характеристики МКУ – 1,6.

МКУ – 1,6 является угольной водогрейной блочно-модульной котельной;

Общая установочная тепловая мощность – 1600 кВт (1,6 МВт);

Категория котельной по надёжности теплоснабжения – I;

Ориентировочный расход топлива – 143 кг/ч;

Напряжение присоединяемой электросети – 380/220;

Температура теплоносителя 95 °C;

Количество котлоагрегатов – 2 шт.;

Габариты здания котельной:

- длина – 6,6 м;

- ширина – 4,52 м;

- высота – 2,7 м;

Количество блок-модулей – 2 шт;

Тип топливоподачи – автоматическая;

Тип дымовой трубы – самонесущая, колонная, фермовая.

3.3 Схема МКУ – 1,6

На рисунке 3.1 представлена тепловая схема блочно-модульной котельной МКУ – 1,6:

Тепловая схема блочно-модульной котельной МКУ-1,6 МВт

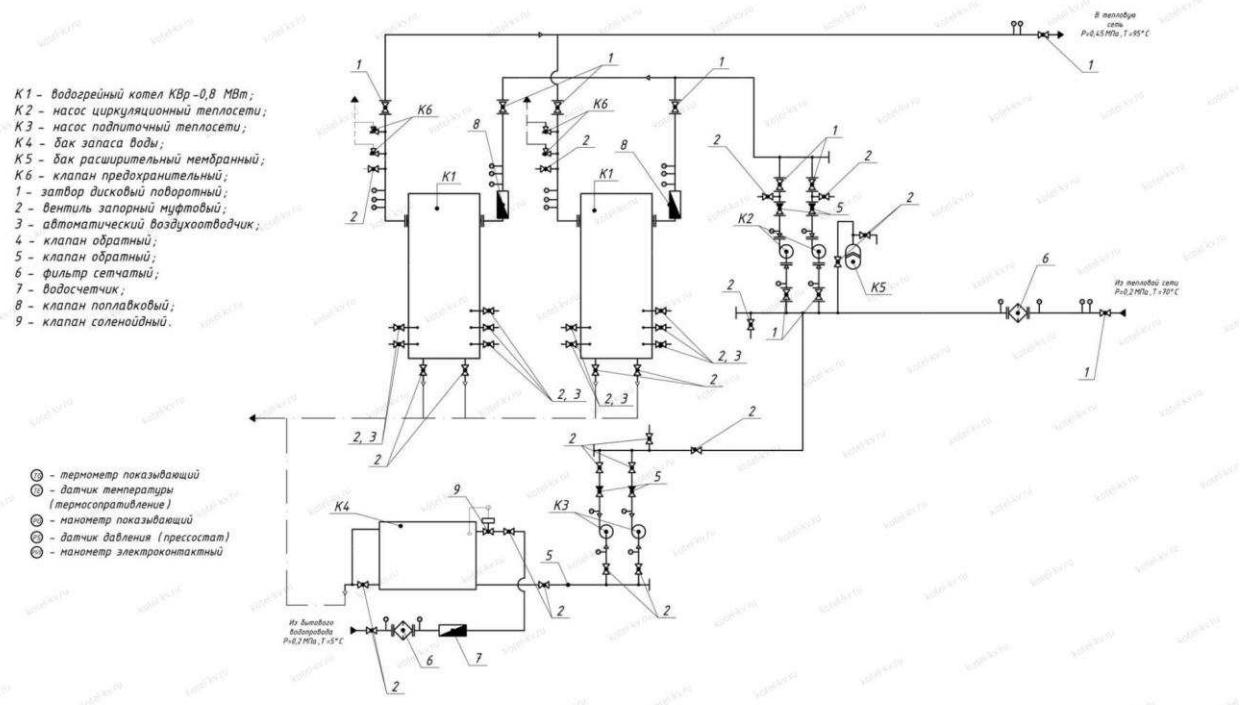


Рисунок 3.1 – Тепловая схема блочно-модульной котельной МКУ – 1,6

На рисунке 3.2 представлена схема блочно-модульной котельной МКУ – 1,6:

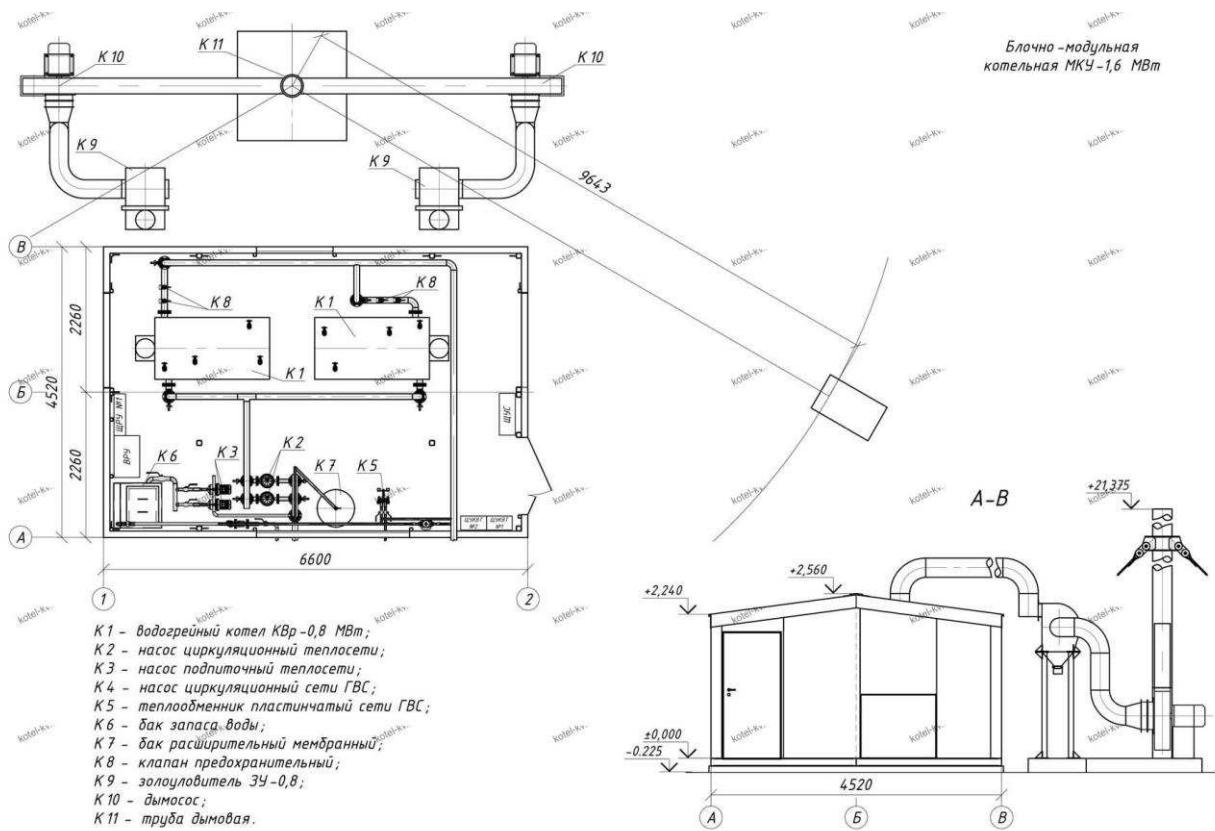


Рисунок 3.2 – Тепловая схема блочно-модульной котельной МКУ – 1,6

Список оборудования представлен в таблице 3.2:

Таблица 3.2 – Список оборудования МКУ – 1,6:

Наименование	Модель	Количество
Котёл водогрейный	КВр – 0,8	2
Вентилятор поддува котла	-	8
Всасывающий карман дымососа	-	1
Насос	WILLO-BL 32/150-3/2; э.дв. 3 кВт	2
Насос	WILLO-Economy MHI 203 3~400; э.дв. 0,55 кВт	2
Дымосос	Д-3,5 дв. 3,0/1500	1
Золоуловитель	ЗУ	1
Бак запаса воды	-	1
Водоподготовка типа Комплексон	Комплексон - 6	1
Мембранный бак	-	1
Запорная арматура и КИП в пределах котельной	-	1

Наименование	Модель	Количество
Автоматика котельной	-	1
Фильтры сетчатые	-	2
Приточная вентиляция	-	1
Пожарная сигнализация	-	1
Газоходы с изоляцией	-	1
Дымовая труба на растяжках Ду 450 мм высотой 21м	-	1

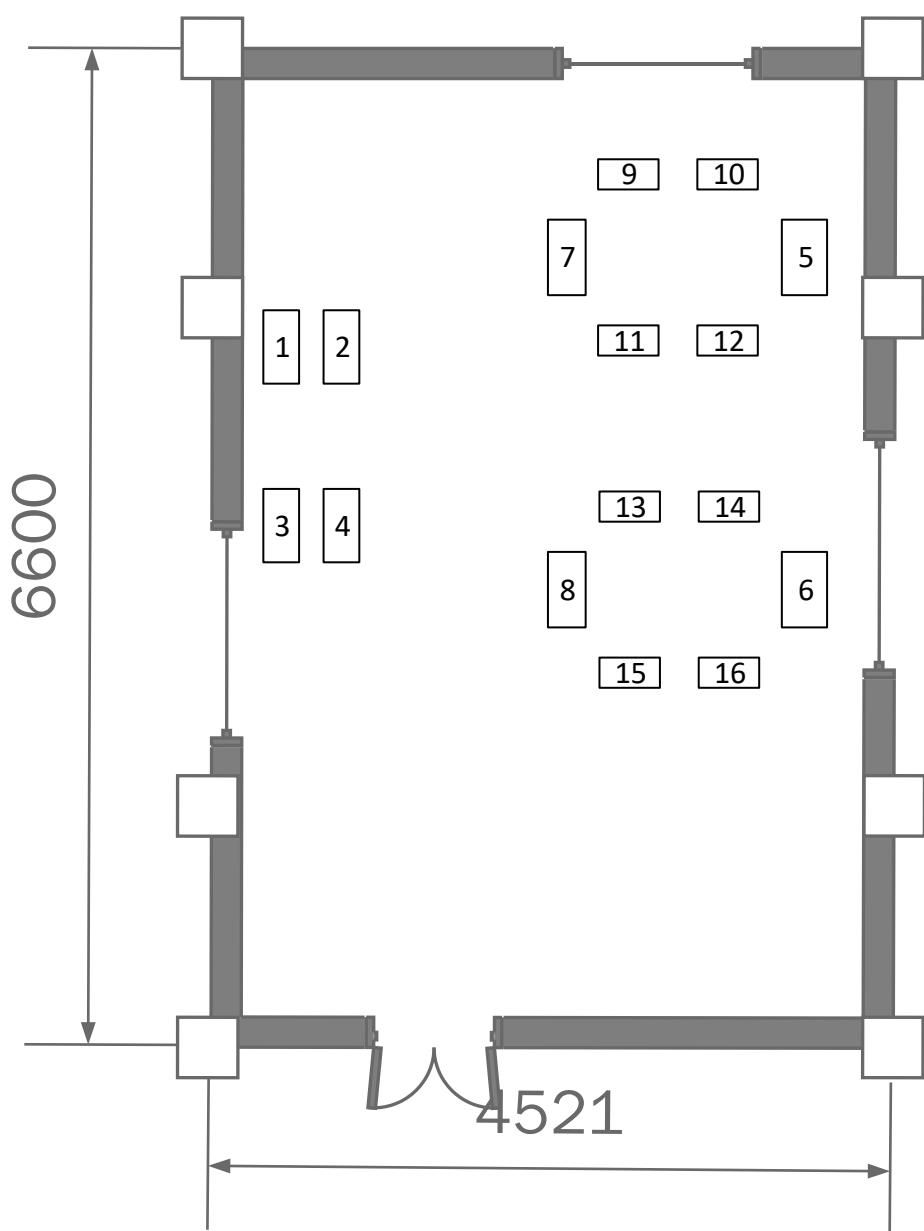


Рисунок 3.3 – План расположения оборудования в цехе.

Список электрооборудования представлена в таблице 3.3:

Таблица 3.3 – Список электрооборудования МКУ – 1,6

Наименование	Тип двигателя	Pн, кВт	Количество ЭП, п	$\sum P$	n, об/мин	Kи	cosф	tgф
Насос	WILLO-BL 32/150-3/2	3	2	6	1500	0,25	0,89	0,51
Насос	WILLO- Economy MHI 203-1/E/3-400- 50-2	0,55	2	1,1	1500	0,25	0,83	0,67
Дымосос	Д-3,5 дв. 3,0/1500	3	2	6	1500	0,25	0,89	0,51
Вентилятор дутьевой	АИР100S4	3	2	6	1500	0,65	0,89	0,51
Вентилятор поддува котла	АИР100S4	3	8	24	2400	0,65	0,8	0,75

Характеристика некоторого электрооборудования:

пакетный выключатель ПВ 2-16-М1 – кабель ПВС 3х0,75;
 линия управления дымососом - кабель МКШвнг-LS 3х0,75;
 вентилятор дутьевой – кабель ВВГнг 4х1,5;
 тягонапоромер ДНТ-1 – кабель МКЭШ 3х0,75;
 электроконтактный манометр - кабель ПВС 4х0,75;
 первичный преобразователь температуры ДТС 035-50М - кабель МКЭШ
 3х0,75;

Суммарная мощность 16 электроприёмников:

$$\sum_1^{16} P_{\text{ном}} = 43,1 \text{ кВт.}$$

4 Расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников

Расчет электрической нагрузки на первом уровне производится для каждого электроприемника отдельно.

По исходным данным определим номинальные активные мощности приемников электроэнергии. Учтем, что для электродвигателей, работающих в длительном режиме, расчетная активная мощность равна номинальной (4.1), т.к. их ПВ = 100%. Если же электродвигатель работает в повторно-кратковременном режиме, то расчетная мощность приводится к длительному режиму работы (4.2).

$$P_{p1} = P_{\text{ном}}, \text{kBt} \quad (4.1)$$

$$P_{p1} = P_{\text{ном}} \sqrt{\text{ПВ}}, \text{kBt} \quad (4.2)$$

где P_{p1} – расчетная активная мощность электроприемника на 1 уровне (kBt); $P_{\text{ном}}$ – номинальная активная мощность электроприемников (kBt); ПВ – повторное включение электроприемника (о.е.).

После расчета активной мощности, находим значения реактивных (4.3) и полных (4.4) расчетных мощностей каждого электроприемника цеха в отдельности.

$$Q_{p1} = P_{p1} \operatorname{tg} \varphi, \text{kVar} \quad (4.3)$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2}, \text{kVA} \quad (4.4)$$

где Q_{p1} – расчетная реактивная мощность электроприемника на 1 уровне (kVar); P_{p1} – расчетная активная мощность электроприемников на 1 уровне (kBt); $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности (о.е); S_{p1} – расчетная полная мощность электроприемников на 1 уровне (kVA)

После расчета мощностей найдем значения расчетного (4.5) и пускового (4.6) токов электроприемника в отдельности.

$$I_{p1} = \frac{S_{p1} 10^3}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}}, \text{A} \quad (4.5)$$

$$I_{\pi} = K_{\pi} I_{p1}, \text{А} \quad (4.6)$$

где $Sp1$ – расчетная полная мощность электроприемников на 1 уровне (кВА) I_{p1} – расчетный ток электроприемников на 1 уровне (А); K_{π} – кратность пускового тока, принимаем $K_{\pi} = 3$; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение электроприемника (кВ)

Для электропечей, преобразователей дуговой электросварки, сварочных трансформаторов, автоматов импульсно-дуговой наплавки и сварочных выпрямителей пусковой ток не расчитываем.

Произведем расчет для насоса WILLO-BL 32/150-3/2, результаты вычисления сведем в таблицу 4.1

$$P_{p1} = P_{\text{ном}} = 3 \text{ кВт}$$

$$Q_{p1} = 3 * 0,51 = 1,54 \text{ кВар}$$

$$S_{p1} = \sqrt{3^2 + 1,54^2} = 3,37 \text{ кВА}$$

$$I_{p1} = \frac{3,37 * 10^3}{\sqrt{3} * 220} = 8,85 \text{ А}$$

$$I_{\pi} = 3 * 8,85 = 26,54 \text{ А}$$

Таблица 4.1 — Расчет электрической нагрузки на первом уровне цеха

№ по плану	Наименование оборудования	Pном	cosφ	tgφ	Pp1	Qp1	Sp1	Ip1	Iπ
1	Насос WILLO-BL 32/150-3/2	3	0,89	0,51	3	1,54	3,37	8,85	26,54
2	Насос WILLO-BL 32/150-3/2	3	0,89	0,51	3	1,54	3,37	8,85	26,54
3	Насос WILLO-Economy MHI 203-1/E/3-400-50-2	0,55	0,83	0,67	0,55	0,37	0,66	1,74	5,22
4	Насос WILLO-Economy MHI 203-1/E/3-400-50-2	0,55	0,83	0,67	0,55	0,37	0,66	1,74	5,22
5	Дымосос Д-3,5 дв. 3,0/1500	3	0,89	0,51	3	1,54	3,37	8,85	26,54
6	Дымосос Д-3,5 дв. 3,0/1500	3	0,89	0,51	3	1,54	3,37	8,85	26,54
7	Вентилятор дутьевой	3	0,89	0,51	3	1,54	3,37	8,85	26,54

№ по плану	Наименование оборудования	Pном	cosφ	tgφ	Pp1	Qp1	Sp1	Ip1	Iп
8	Вентилятор дутьевой	3	0,89	0,51	3	1,54	3,37	8,85	26,54
9	Вентилятор поддува котла	3	0,8	0,75	3	2,25	3,75	9,84	29,52
10	Вентилятор поддува котла	3	0,8	0,75	3	2,25	3,75	9,84	29,52
11	Вентилятор поддува котла	3	0,8	0,75	3	2,25	3,75	9,84	29,52
12	Вентилятор поддува котла	3	0,8	0,75	3	2,25	3,75	9,84	29,52
13	Вентилятор поддува котла	3	0,8	0,75	3	2,25	3,75	9,84	29,52
14	Вентилятор поддува котла	3	0,8	0,75	3	2,25	3,75	9,84	29,52
15	Вентилятор поддува котла	3	0,8	0,75	3	2,25	3,75	9,84	29,52
16	Вентилятор поддува котла	3	0,8	0,75	3	2,25	3,75	9,84	29,52

5 Автоматика котла 800КВт

Щит автоматики предназначен для предупреждения аварийной обстановки при работе водогрейного котла мощностью 800 кВт на твердом топливе с помощью световой и звуковой сигнализации, а также ручного управления.

Функциональные возможности автоматики котла КВр 800 КВт позволяют произвести ручной пуск и автоматическую остановку котла.

Аварийная остановка котла с индикацией причины аварии и подачей звукового сигнала при:

понижении и повышении давления на выходе из котла;

повышении температуры на выходе из котла;

понижении разряжения в топке котла.

Блок автоматики котла не позволяет пуск котла при выходе за пределы аварийных параметров.

Автоматическое поддержания температура производится путем автоматического управления (включения, выключения) вентилятора, подающего воздух для горения.

К дополнительным возможностям щита, выполняемым по согласованию с заказчиком, относятся управление:

Дымососом (комплектующие для подключения дымососа подбираются и поставляются по согласованию; дополнительные элементы устанавливаются в электросиловом щите котельной)

Рециркуляционным насосом (насос и его комплектующие для подключения подбираются и поставляются по согласованию; дополнительные элементы устанавливаются в электросиловом щите котельной).

5.1 Устройство автоматики безопасности котла 800 КВт

Автоматика представляет собой стальной щит с установленными внутри защитными, коммутационными аппаратами и логическими модулями, связанными между собой проводкой, на наружной части бокса крепятся

аппаратура звуковой или световой сигнализации и элементы управления: кнопки, тумблеры, переключатели.

Дверца корпуса запирается на замок. Ключ от замков имеет единый секрет.

Внутри корпуса установлена монтажная панель.

На задней стенке ящика имеются отверстия для крепления щита на вертикальную стенку. Внутри щита на панели смонтирована пусковая и защитно-коммутационная аппаратура, на двери установлены кнопки управления, сигнальные лампы.

Кроме этого, к щиту подключаются:

Первичный преобразователь температуры ДТС 035-50М кабелем МКЭШ 3х0,75 для сигнализации аварийного предела высокой температуры воды на выходе из котла;

электроконтактный манометр кабелем ПВС 4х0,75 для сигнализации аварийного высокого и низкого пределов давления на выходе из котла;

тягонапоромер ДНТ-1 кабелем МКЭШ 3х0,75 для сигнализации аварийного предела снижения разряжения в топочной камере либо за котлом;

вентилятор дутьевой кабелем ВВГнг 4х1,5;

линия управления дымососом кабелем МКШвнг-LS 3х0,75;

пакетный выключатель ПВ 2-16-М1 кабелем ПВС 3х0,75 для блокировки включения дымососа в ходе ремонтных работ.

6 Светотехнический расчет освещения

6.1 Расчет рабочего освещения

Основной задачей светотехнического расчета является определение числа и мощности осветительных установок, т.е. определение фактической освещенности, создаваемой спроектированным источником освещения цеха. Отметим, что светотехнический расчет осветительной сети цеха выполняется методом коэффициента использования светового потока, т.к. нет крупных затеняющих предметов. Выполним расчет рабочего освещения цеха, рассчитав его геометрические размеры, согласно рисунку 6.1.1.

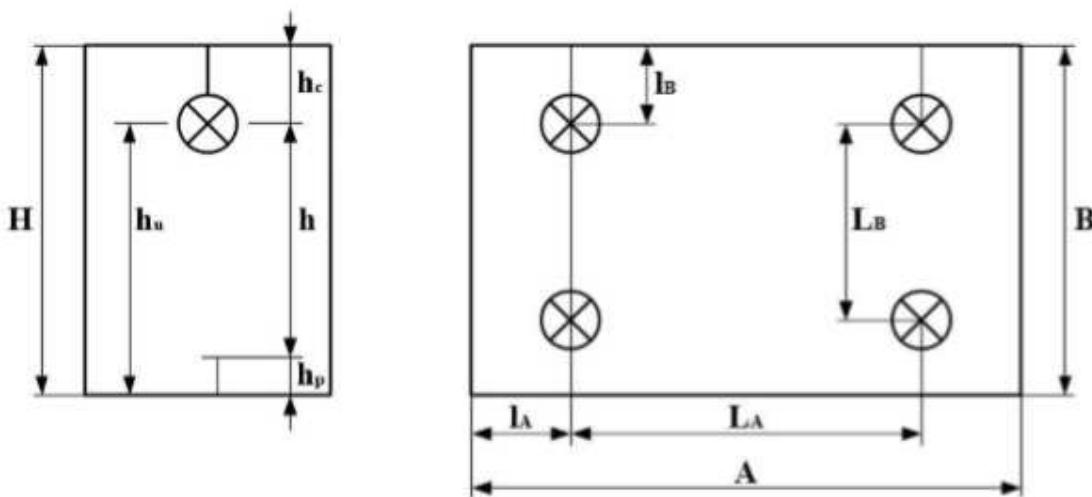


Рисунок 6.1.1 – Размещение светильников

где h_c – высота подвески светильников (м); h_p – высота рабочей поверхности (м); h_u – высота подвеса светильников над полом (м); h – расчетная высота (м); H – высота здания (м); l_A – расстояние от стенки светильников в поперечной оси (м); l_B – расстояние от стенки до светильников в продольной оси (м); L_A – расстояние между светильниками в продольной оси (м); L_B – расстояние между светильниками в поперечной оси (м); A – длина помещения (м); B – ширина помещения (м).

Геометрические параметры цеха, $A \times B \times H = 6,6 \times 4,52 \times 2,7$ (м). Площадь цеха равна 29,832 (м²).

Значение расчетной высоты принимаем равной высоте котельной (6.1.1):

$$h = 2,7 \text{ м} \quad (6.1.1)$$

Определим расстояние между светильниками в продольной оси (6.1.2).

$$L_A = \lambda_3 h, (\text{м}) \quad (6.1.2)$$

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

$$L_A = 0,926 * 2,7 = 2,5 \text{ м}$$

Определим число светильников в ряду (6.1.3):

$$n_a = \frac{A}{L_A}, (\text{шт}) \quad (6.1.3)$$

$$n_a = \frac{6,6}{2,5} \approx 3 \text{ шт}$$

Принимаем, что в каждом ряду находится по 3 светильника. Определим расстояние от стены до светильника в продольной оси (6.1.4).

$$l_A = \frac{A - L_A(n_a - 1)}{2}, (\text{м}) \quad (6.1.4)$$

$$l_A = \frac{6,6 - 2,5 * (3 - 1)}{2} = 0,8 \text{ м}$$

Примем, что расстояние между светильниками в поперечной оси $L_B = 2$ м, тогда определим количество рядов светильников (6.1.5).

$$n_B = \frac{B}{L_B}, (\text{шт}) \quad (6.1.5)$$

$$n_B = \frac{4,52}{2} \approx 2 \text{ шт}$$

Принимаем, что у нас 2 ряда светильников. Определим расстояние от стены до светильника в поперечной оси (6.1.6).

$$l_B = \frac{B - L_B(n_B - 1)}{2}, (\text{м}) \quad (6.1.6)$$

$$l_B = \frac{4,52 - 2 * (2 - 1)}{2} = 1,26 \text{ м}$$

Отношение расстояний между светильниками не должно превышать 1,5 (6.1.7). Проведем проверку правильности выбора расстояния между светильниками.

$$\frac{L_A}{L_B} < 1,5 \quad (6.1.7)$$

$$\frac{L_A}{L_B} = \frac{2,5}{2} = 1,25 < 1,5$$

Определим количество светильников в цехе (6.1.8)

$$N = n_a * n_B, (\text{шт}) \quad (6.1.8)$$

$$N = 3 * 2 = 6 \text{ шт}$$

Определим индекс помещения (6.1.9)

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (6.1.9)$$

$$i = \frac{6,6 * 4,52}{2,7(4,52 + 6,6)} = 0,994$$

Выбираем светильник РСП05/Г03. Определим функцию светового протока – коэффициент использования, который нам понадобится при дальнейших вычислениях, $\eta = 0,82$. Принимаем коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $\rho_p = 70\%$; стен $\rho_s = 50\%$; пола $\rho_r = 10\%$. Принимаем номинальную освещенность $E_n = 200$ (лк) и коэффициент запаса $K_{зап} = 1,5$ [6]. Расчет освещения выполним методом коэффициента использования светового потока. При расчете по этому методу световой поток ламп в каждом светильнике, необходимый для создания заданной минимальной освещенности определим согласно формуле (6.1.10).

$$\Phi = \frac{E_n K_{зап} F z}{N \eta}, (\text{лм}) \quad (6.1.10)$$

где Φ – световой поток одной лампы (лм); E_n – номинальная освещенность лампы $E_n = 200$ (лк); $K_{зап}$ – коэффициент запаса $K_{зап} = 1,5$; F – площадь помещения (м^2); z – коэффициент минимальной освещенности $z = 1,15$ [6]; N – количество светильников в цехе (шт); η – коэффициент использования светового потока $\eta = 0,82$

$$\Phi = \frac{200 * 1,5 * 29,832 * 1,15}{6 * 0,82} = 2091,88 \text{ лм}$$

По значению Φ выбирается стандартная лампа так, чтобы ее поток отличался от расчетного значения Φ на $[-10 \div +20\%]$. Подбираем лампу типа ЛОН - 150 мощностью 70 Вт со световым потоком $\Phi_{л} = 2200$ (лм). Определим отклонение светового потока (6.1.11)

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{л} - \Phi}{\Phi} * 100\% \quad (6.1.11)$$

$$\Delta\Phi = \frac{2200 - 2091,88}{2200} * 100\% = +4,91\%$$

Отклонение между $\Phi_{л}$ и Φ составило $+4,91\%$, что допустимо. Определим фактический световой поток (6.1.12).

$$\Phi_{ф} = N N_{л} \Phi_{л}, (\text{лм}) \quad (6.1.12)$$

где $\Phi_{ф}$ – фактический световой поток (лм); N – количество светильников в цехе (шт); $N_{л}$ – количество ламп в светильнике $N_{л} = 1$ (шт); $\Phi_{л}$ – номинальный световой поток лампы (лм)

$$\Phi_{ф} = 6 * 1 * 2200 = 13200 \text{ лм}$$

6.2 Расчет аварийного освещения

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

Расчет аварийного освещения произведем аналогично расчету рабочего освещения.

Значение расчетной высоты аварийного освещения принимаем равной высоте котельной (6.2.1):

$$h = 2,7 \text{ м} \quad (6.2.1)$$

Примем $\lambda_e = 1,5$, тогда расстояние между светильниками в продольной оси, предположительно, (6.2.2) будет следующим:

$$L_A = 1 * 2,7 = 2,7 \text{ м} \quad (6.2.2)$$

Определим минимальное число светильников в ряду (6.2.3).

$$n_A = \frac{6,6}{2,7} \approx 2 \text{ шт} \quad (6.2.3)$$

Принимаем, что в каждом ряду находится по 2 светильника. Тогда расстояние между светильниками в ряду принимаем $L_A = 2,7 \text{ м}$. Определим расстояние от стены до светильника в продольной оси (6.2.4).

$$l_A = \frac{6,6 - 2,7 * (2 - 1)}{2} = 1,95 \text{ м} \quad (6.2.4)$$

Примем, что расстояние между светильниками в поперечной оси $L_B = 2,2 \text{ м}$, тогда определим количество рядов аварийных светильников (6.2.5).

$$n_B = \frac{4,52}{2,2} = 2 \text{ шт} \quad (6.2.5)$$

Принимаем, что у нас четыре ряда светильников. Определим расстояние от стены до светильника в поперечной оси (6.2.6).

$$l_B = \frac{4,52 - 2,2 * (2 - 1)}{2} = 1,16 \text{ м} \quad (6.2.6)$$

Отношение расстояний между светильниками не должно превышать 1,5 (6.2.7). Проведем проверку правильности выбора расстояния между светильниками.

$$\frac{L_A}{L_B} = \frac{2,7}{2,2} = 1,23 < 1,5 \quad (6.2.6)$$

Определим количество светильников аварийного освещения в цехе (6.2.8)

$$N = 2 * 2 = 4 \text{ шт} \quad (6.2.6)$$

Определим индекс помещения для аварийного освещения, согласно формуле (6.2.9).

$$i = \frac{6,6*4,52}{2,7*(6,6+4,52)} = 0,994 \quad (6.2.6)$$

Выбираем светильник НСП03 Коэффициент использования $\eta = 0,43$. Коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $\rho_p = 70\%$; стен $\rho_s = 50\%$; пола $\rho_r = 10\%$. Номинальную освещенность $E_n = 150$ (лк); коэффициент запаса $K_{зап} = 1,3$.

Определим норму освещенности для аварийного освещения (6.2.10).

$$E_a = 0,05 * E_n, (\text{лк}) \quad (6.2.10)$$

$$E_a = 0,05 * 150 = 7,5 \text{ лк}$$

Определим световой поток одной лампы аварийного освещения (6.2.11).

$$\Phi = \frac{7,5*1,3*29,832*1,15}{4*0,43} = 194,472 \text{ лм} \quad (6.2.11)$$

Подбираем лампу накаливания ЛОН-25 мощностью 25 Вт со световым потоком $\Phi_l = 220(\text{лм})$. Определим отклонение светового потока (6.2.12)

$$\Delta\Phi = \frac{220 - 194,472}{220} * 100\% = +12,764 \% \quad (6.2.12)$$

Отклонение между Φ_l и Φ составило $+12,764\%$, что допустимо.

Определим фактический световой поток (6.2.13).

$$\Phi_f = 4 * 1 * 220 = 880 \text{ лм} \quad (6.2.13)$$

6.3 Мощность осветительной нагрузки цеха

Расчет мощности осветительной нагрузки произведем методом спроса. Расчетную активную мощность осветительной нагрузки найдем в соответствии с формулой (6.3.1).

$$P_{p1.0} = N P_{\text{ном}} K_c K_{\text{ПРА}}, (\text{Вт}) \quad (6.3.1)$$

где $P_{p1.0}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт); N – количество светильников в цехе (шт); $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность одной лампы (Вт); K_c – коэффициент спроса $K_c = 0,95$; $K_{\text{ПРА}}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре $K_{\text{ПРА}} = 1,1$

$$P_{p1.0} = 6 * 150 * 0,95 * 1,1 = 940,5 \text{ Вт}$$

Для ламп ЛОН принимаем $\cos\varphi = 1$, $\operatorname{tg}\varphi = 0$. Определим расчетную реактивную мощность осветительной нагрузки (6.3.2).

$$Q_{p1.0} = P_{p1.0} \operatorname{tg}\varphi, (\text{Вар}) \quad (6.3.2)$$

где $Q_{p1.0}$ – расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки (Вар); $P_{p1.0}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт); $\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg}\varphi_{\text{ЛОН}} = 0$ (о.е)

$$Q_{p1.0} = 940,5 * 0 = 0 \text{ Вар}$$

Определим расчетную полную мощность осветительной нагрузки (6.3.3).

$$S_{p1.0} = \sqrt{P_{p1.0}^2 + Q_{p1.0}^2}, (\text{ВА}) \quad (6.3.3)$$

где $Q_{p1.0}$ – расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки (Вар); $P_{p1.0}$ – расчетная активная мощность осветительной нагрузки (Вт); $S_{p1.0}$ – расчетная полная мощность осветительной нагрузки (ВА)

$$S_{p1.0} = \sqrt{940,5^2 + 0^2} = 940,5 \text{ ВА}$$

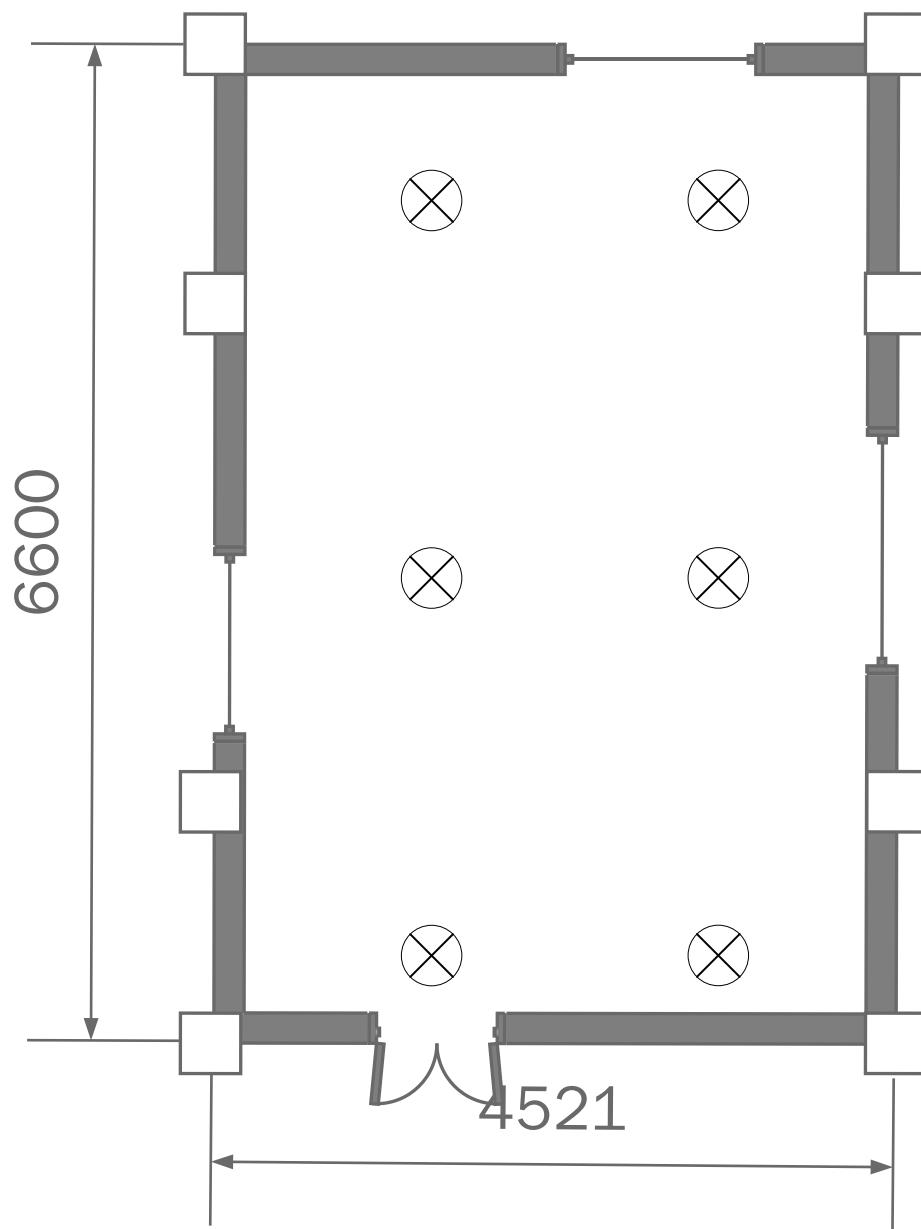


Рисунок 6.3.1 – План расположения светильников рабочего освещения

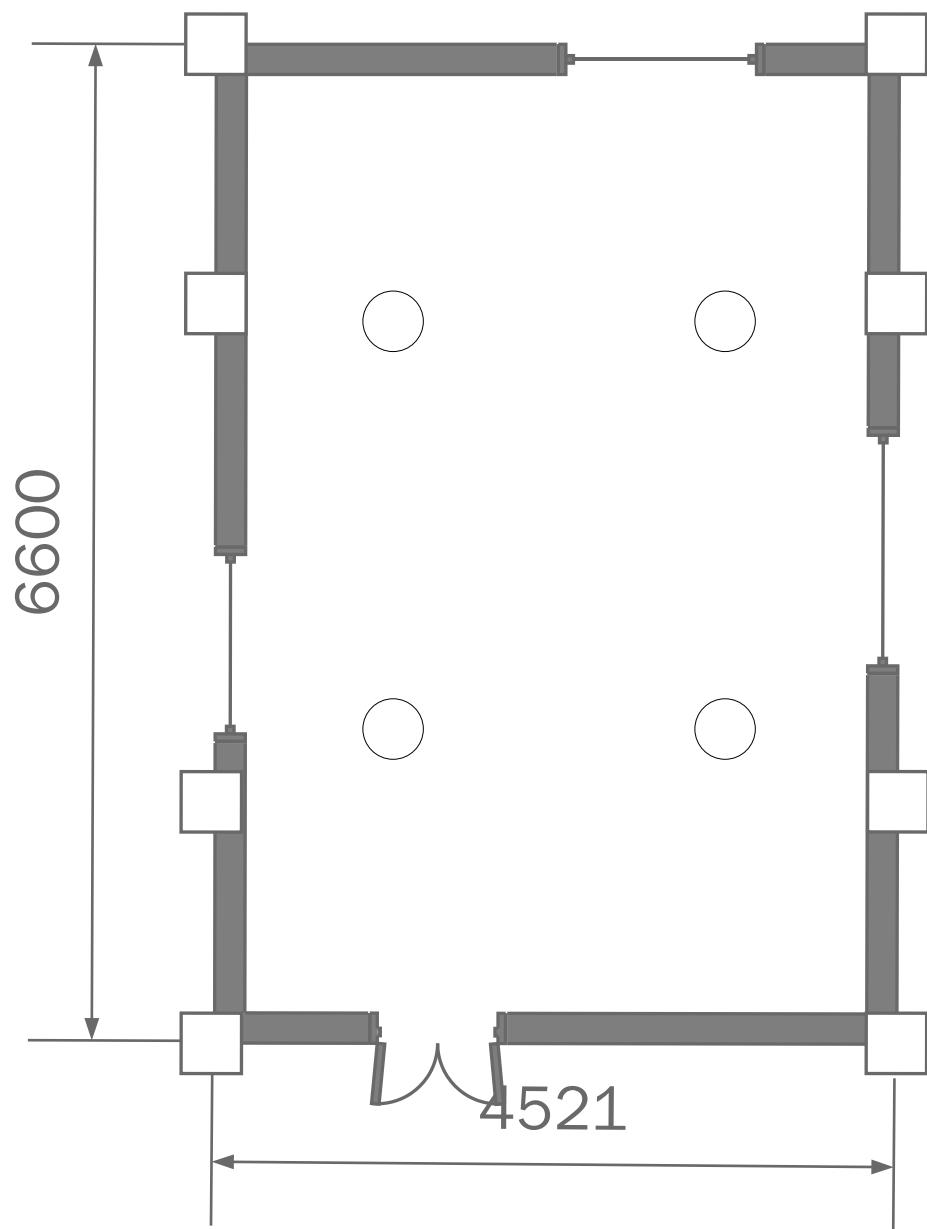


Рисунок 6.3.2 – План расположения светильников аварийного освещения

7 Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети и всего цеха (в соответствии с РТМ 36.18.32.4-92)

Расчетная активная P_r и реактивная Q_r мощность – это мощность, соответствующая такой неизменной токовой нагрузке i_p , которая эквивалентна фактической изменяющейся во времени нагрузке по наибольшему возможному тепловому воздействию на элемент системы электроснабжения.

Расчет электрических нагрузок ЭП напряжением до 1 кВ производится для каждого узла питания (распределительного пункта, распределительного шинопровода, щита станций управления, цеховой трансформаторной подстанции), а также по цеху, корпусу в целом.

Таблица 7.1 – Расчет силовой нагрузки по цеху

Назначение ЭП	Количество ЭП, шт.	Исходные данные					Расчетные величины			Эффективное число ЭП	Расчетная мощность			S_p Расходный ток, А		
		Номинальная мощность, кВт	Коэффициент реактивной мощности		$K_{n, P} \cdot K_{n, Q}$	$K_{n, P}^2$	$K_{n, Q}^2$	$K_{n, P} \cdot \lg \varphi$	$K_{n, Q} \cdot \lg \varphi$		$K_{n, P} \cdot \lg \varphi$	$K_{n, Q} \cdot \lg \varphi$				
			одного ЭП	общий												
		$P_{ном}$	$P_{ном}$	$P_{ном}$	K	$\cos \varphi$	$\tg \varphi$	$K_{n, P} \cdot P_{ном}$	$K_{n, Q} \cdot P_{ном}$		$P_p = K_p \cdot \Sigma(K_{n, P} \cdot P_{ном})$	$Q_p = K_p \cdot \Sigma(K_{n, Q} \cdot P_{ном})$	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$			
1	2	3	4	5	6	7	8,00	9	10	11	12,0	13	14	15	16	17
1	1	3	3	0,85	0,85	0,89	0,51	2,55	1	9						
2	1	3	3	0,85	0,85	0,89	0,51	2,55	1	9						
3	1	0,55	0,55	0,85	0,85	0,67	1,11	0,4675	1	0						
4	1	0,55	0,55	0,85	0,85	0,67	1,11	0,4675	1	0						
5	1	3	3	0,85	0,85	0,51	1,69	2,55	4	9						
6	1	3	3	0,85	0,85	0,51	1,69	2,55	4	9						
7	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
8	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
9	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
10	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
11	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
12	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
13	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
14	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
15	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
16	1	3	3	0,85	0,85	0,75	0,88	2,55	2	9						
Итого силовая	16			43,1	0,85	0,75	0,93	36,635	33,894	126,605	15	0,85	31,1398	28,8096	42,4226	64,5309

8 Выбор единичных мощностей и количества трансформаторов цеховых ТП и ВРУ. Компенсация реактивных нагрузок в электрических сетях цеха

Выбор числа и мощности силовых трансформаторов для главных понизительных и цеховых трансформаторных подстанций промышленных предприятий должен быть технически и экономически обоснованным, так как он оказывает существенное влияние на рациональное построение схем промышленного электроснабжения.

Разберем два варианта выбора трансформатора:

- два новых трансформатора меньшей мощности;
- использование имеющихся трансформаторов.

8.1 Первый вариант. Новые трансформаторы

Технические данные трансформатора представлены в таблице 8.1.1.

Таблица 8.1.1 – Технические данные трансформатора

Тип	Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение, кВ		Потери, кВт		Ток хх, %	Напряжение кз, %
		ВН	НН	хх	кз		
КТП	32	10	0,4	0,1	0,6	2,8	4,5

Определим потери в трансформаторе.

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{S_{\text{H}}}{n * S_{\text{ном}}} = \frac{43,12}{2 * 32} = 0,67$$

где S_{H} - мощность нагрузки, кВА; n - количество трансформаторов; $S_{\text{ном}}$ - номинальная мощность трансформатора.

Определим потери в трансформаторе:

$$\Delta P1 = \Delta P_{xx} + k_3^2 * P_x = 0,15 + 0,67^2 * 0,9 = 0,554 \text{ кВт},$$

где ΔP_{xx} - потери холостого хода трансформатора, кВт; P_x - потери короткого замыкания трансформатора, кВт.

8.2 Второй вариант. Имеющиеся трансформаторы

Имеются два трансформатора

Технические данные трансформатора представлены в таблице 8.2.1 [15].

Таблица 8.2.1 – Технические данные трансформатора

Тип	Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение, кВ		Потери, кВт		Ток хх, %	Напряжение кз, %
		ВН	НН	хх	кз		
КТП	400	10	0,4	0,8	5,5	1,6	4,5

Определим потери в трансформаторе.

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{S_{\text{H}}}{n * S_{\text{ном}}} = \frac{43,12}{2 * 400} = 0,0539$$

где S_{H} - мощность нагрузки, кВА; n - количество трансформаторов; $S_{\text{ном}}$ - номинальная мощность трансформатора.

Определим потери в трансформаторе:

$$\Delta P2 = \Delta P_{xx} + k_3^2 * P_x = 0,8 + 0,0539^2 * 5,5 = 0,816 \text{ кВт},$$

где ΔP_{xx} - потери холостого хода трансформатора, кВт; P_x - потери короткого замыкания трансформатора, кВт.

8.3 Экономическое сравнение вариантов

Потери электроэнергии в двух трансформаторах первого варианта:

$$\Delta W1 = \Delta P1 * \tau * 2,$$

где τ - время потерь, час.

Время потерь:

$$\tau = (0,124 + T_{max} * 10^{-4})^2 * T_{год},$$

где $T_{год}$ - время за год, $T_{год} = 8760$ ч, T_{max} - время использования максимума активной нагрузки, зависит от количества смен, так как у нас две рабочих смены, то $T_{max} = 5060$ ч.

$$\tau = (0,124 + 5060 * 10^{-4})^2 * 8760 = 3477 \text{ ч},$$

$$\Delta W1 = 0,554 * 3477 * 2 = 3852,516 \text{ кВт/ч},$$

Рассчитаем стоимость потерь в рублях:

$$\Delta И1 = \beta * \Delta W1 = 2,05 * 1,18 * 3852,516 = 9319,236 \text{ руб.}$$

где ΔP_{xx} - потери холостого хода трансформатора, кВт; P_x - потери короткого замыкания трансформатора, кВт.

Потери электроэнергии в двух трансформаторах второго варианта:

$$\Delta W2 = \Delta P2 * \tau * 2,$$

где τ - время потерь, час.

Время потерь:

$$\tau = (0,124 + T_{max} * 10^{-4})^2 * T_{год},$$

где $T_{год}$ - время за год, $T_{год} = 8760$ ч, T_{max} - время использования максимума активной нагрузки, зависит от количества смен, так как у нас две рабочих смены, то $T_{max} = 5060$ ч.

$$\tau = (0,124 + 5060 * 10^{-4})^2 * 8760 = 3477 \text{ ч},$$

$$\Delta W2 = 0,816 * 3477 * 2 = 5674,464 \text{ кВт/ч},$$

Рассчитаем стоимость потерь в рублях:

$$\Delta И2 = \beta * \Delta W2 = 2,05 * 1,18 * 5674,464 = 13726,53 \text{ руб.}$$

Найдём разницу между вариантами:

$$\Delta И2 - \Delta И1 = 13726,53 - 9319,236 = 4407,294 \text{ руб.}$$

Экономия на потерях при установки новых трансформаторах меньшей мощности составила 4407,294 рубля в год.

Стоимость трансформаторной подстанции с двумя трансформаторами мощностью 32 кВА каждый составляет: $3 = 160$ тыс. руб. (без учёта стоимости установки).

Рассчитаем срок окупаемости:

$$t = \frac{3}{\Delta И2 - \Delta И1} = \frac{160000}{4407,294} = 36 \text{ лет.}$$

По данным расчётам целесообразно будет оставить имеющиеся трансформаторы.

9 Выбор конструктивного исполнения электрической сети, марки проводов, кабелей, способов их прокладки

Цеховую электрическую сеть выполняем кабельными линиями, прложенными в трубах. Преимущество данной прокладки заключается в том, что она позволяет защитить кабели от механических повреждений, а также удобство осмотра и ревизии. Недостаток – высокие капитальные затраты.

Устанавливаем комплектную цеховую трансформаторную подстанцию (КТП). Для удобства обслуживания и из-за технических соображений располагаем КТП рядом с цехом. КТП находится в специально выделенном помещении, при этом не нарушается технологический режим самого цеха.

На вводах КТП используется жесткий ввод распределительных устройств. На отходящих линиях устанавливаются автоматические выключатели.

Для проектируемого цеха принимаем радиальные схемы питающей и распределительной сети.

Радиальные схемы характеризуются тем, что от источника питания отходят линии, питающие крупные электроприемники. Преимущество данной сети большая надежность. Недостаток: повышенный расход проводов и кабелей; большее количество защитных и коммутационных аппаратов; необходимость в дополнительных площадях для размещения щитов, распределительных шкафов; трудность в перемещении технологического оборудования.

Распределительная сеть выполняется четырехжильными кабельными линиями напряжением 380 В марки АВВГ, прложенными в специальных каналах. В полу цеха сооружается канал из железобетона или кирпича, который перекрывается железобетонными плитами или стальными рифлеными листами. Кабели внутри канала укладываются на сборные конструкции, установленные на боковых стенах.

Питающая сеть в данном цеху выполняется четырехжильными кабельными линиями напряжением 380 В марки АВВГ, и прокладывается в трубах.

Защита отдельных электроприемников и силовых пунктов от токов КЗ и перегрузок осуществляется автоматическими выключателями серии ВА.

10 Расчет защитных аппаратов электрических приемников и электрических сетей

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

Выбор автоматических выключателей для защиты линий, питающих группы электроприемников, проводим по выражению:

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

где $I_{\text{пик}}$ - пиковый ток группы электроприемников, А; $I_{\text{пуск.нб}}$ - пусковой ток наибольшего по мощности ЭП в группе, А; $I_{\text{р.кн}}$ - расчетный ток группы электроприемников с учетом надежности, А; $k_{\text{и.нб}}$ - коэффициент использования, характерный для наибольшего по мощности ЭП в группе; $I_{\text{ном.нб}}$ - номинальный ток наибольшего по мощности ЭП в группе, А.

Расчетный ток с учетом коэффициента надежности отстройки от перегрузки:

$$I_{\text{р.кн}} = I_{\text{расч}} * k_{\text{н}},$$

где $I_{\text{расч}}$ - расчетный ток группы электроприемников, А; $k_{\text{н}}$ - коэффициент надежности, $k_{\text{н}} = 1,1$.

Ток отсечки с учетом коэффициента отстройки отсечки:

$$I_{\text{ок}} = I_{\text{пик}} * k_{\text{отс}},$$

где $I_{\text{пик}}$ - пиковый ток группы электроприемников, А; $k_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки отсечки, $k_{\text{отс}} = 1,2$.

Далее выбираем АВ. Расчетная кратность тока отсечки:

$$k_{\text{кр}} = \frac{I_{\text{ок}}}{I_{\text{ном.расц}}},$$

где $I_{\text{ном.расц}}$ - номинальный ток расцепителя АВ; $I_{\text{ок}}$ - ток отсечки с учетом коэффициента отстройки отсечки, А.

Окончательным условием при выборе АВ является его проверка:

$$k_{\text{кр}} \leq 10.$$

Для примера произведем расчет и выбор автоматического выключателя для ЭП №1.

$$I_{\text{п.кн}} = I_{\text{расч}} * k_{\text{н}} = 8,85 * 1,1 = 9,73 \text{ А.}$$

Выбираем АВ ВА47-29 с $I_{\text{ном}} = 10 \text{ А}$, $I_{\text{ном.расц}} = 10 \text{ А}$.

$$I_{\text{пик}} = 26,54 + (9,73 - 0,85 * 8,25) = 28,75 \text{ А};$$

$$I_{\text{ок}} = 28,75 * 1,2 = 34,50 \text{ А};$$

$$k_{kp} = \frac{34,50}{10} = 3,45.$$

Проверим по условию:

$k_{kp} = 1,63 \leq 10$, то есть удовлетворяет условию окончательного выбора

АВ.

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ном расц}} > I_{\text{расч.}}$$

Дальше выбор автоматических выключателей производится аналогичным образом. Результаты выбора автоматических выключателей представлены в таблице 10.1

Таблица 10.1 – Выбор автоматических выключателей для каждого ЭП цеха

Наименование	Iрасч, А	Iр.кн, А	Марка АВ	Iном, А	Iном.расц, А	Iпуск.нб, А	ки.нб	Iном.нб, А	Iпик, А	Iок, А	k kp
1	8,85	9,73	BA 47-29	10	10	26,54	0,85	8,85	28,75	34,50	3,45
2	8,85	9,73	BA 47-29	10	10	26,54	0,85	8,85	28,75	34,50	3,45
3	1,74	1,91	BA 47-29	2	2	5,22	0,85	1,74	5,65	6,78	3,39
4	1,74	1,91	BA 47-29	2	2	5,22	0,85	1,74	5,65	6,78	3,39
5	8,85	9,73	BA 47-29	10	10	26,54	0,85	8,85	28,75	34,50	3,45
6	8,85	9,73	BA 47-29	10	10	26,54	0,85	8,85	28,75	34,50	3,45
7	8,85	9,73	BA 47-29	10	10	26,54	0,85	8,85	28,75	34,50	3,45
8	8,85	9,73	BA 47-29	10	10	26,54	0,85	8,85	28,75	34,50	3,45
9	9,84	10,83	BA 47-29	13	13	29,52	0,85	9,84	31,98	38,38	2,95
10	9,84	10,83	BA 47-29	13	13	29,52	0,85	9,84	31,98	38,38	2,95
11	9,84	10,83	BA 47-29	13	13	29,52	0,85	9,84	31,98	38,38	2,95
12	9,84	10,83	BA 47-29	13	13	29,52	0,85	9,84	31,98	38,38	2,95
13	9,84	10,83	BA 47-29	13	13	29,52	0,85	9,84	31,98	38,38	2,95
14	9,84	10,83	BA 47-29	13	13	29,52	0,85	9,84	31,98	38,38	2,95
15	9,84	10,83	BA 47-29	13	13	29,52	0,85	9,84	31,98	38,38	2,95
16	9,84	10,83	BA 47-29	13	13	29,52	0,85	9,84	31,98	38,38	2,95

11 Выбор сечений проводов и жил кабелей для подключения ЭП

Главным параметром при выборе КЛ будет являться условие окружающей среды. В данном цехе нормальные условия окружающей среды, выберем КЛ марки АВВГ (силовой кабель с алюминиевыми жилами с изолированной оболочкой из поливинилхлоридного пластика, без защитного покрова). Ответвления к электроприемникам прокладываются в трубах. Класс напряжения 380 В, выбираем 4х жильный кабель.

Сечение кабеля выбирается по нагреву длительным расчетным током, тогда приведенный расчетный ток будет определяться по выражению:

$$I_{\text{расч.п}} = I_{\text{расч}} * K_n,$$

где K_n - поправочный коэффициент, учитывающий условия прокладки проводов и кабелей (при нормальных условиях прокладки $K_n = 1$).

Выбираем сечение проводника, удовлетворяющее условию:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расч.п}}.$$

Сечения проводов и жил кабелей цеховой сети выбираются по условию соответствия выбранному защитному устройству:

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{заш}} * I_3,$$

где $K_{\text{заш}}$ - коэффициент защиты, $K_{\text{заш}} = 1$; I_3 - параметр защитного устройства (номинальный ток).

Для примера выберем провод для ЭП №1:

$$I_{\text{расч.п}} = I_{\text{расч}} * K_n = 8,85 * 1 = 8,85 \text{ А.}$$

Выбираем кабель [10] сечением 4х2,5 мм² с $I_{\text{доп}} = 26 \text{ A}$;

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расч.п.}}; (26 \geq 8,85) \text{ A};$$

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{заш}} * I_3; (26 \geq 10) \text{ A}.$$

Условия выполняются, кабель выбран верно.

Выбор КЛ для всех ЭП аналогичен.

Результаты выбора КЛ представлены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Результаты выбора КЛ

Номер ЭП	Длина, м	Способ прокладки	I _{расч.п.} , А	I _{ном.расц.} , А	I _{доп} , А	Кабель	
						Марка	Сечение
1	6	в трубах	8,85	10	26	АВВГ	4x2,5
2	5	в трубах	8,85	10	26	АВВГ	4x2,5
3	5	в трубах	1,74	2	26	АВВГ	4x2,5
4	5	в трубах	1,74	2	26	АВВГ	4x2,5
5	4	в трубах	8,85	10	26	АВВГ	4x2,5
6	2	в трубах	8,85	10	26	АВВГ	4x2,5
7	5	в трубах	8,85	10	26	АВВГ	4x2,5
8	3	в трубах	8,85	10	26	АВВГ	4x2,5
9	6	в трубах	9,84	13	26	АВВГ	4x2,5
10	5	в трубах	9,84	13	26	АВВГ	4x2,5
11	5	в трубах	9,84	13	26	АВВГ	4x2,5
12	4	в трубах	9,84	13	26	АВВГ	4x2,5
13	3	в трубах	9,84	3	26	АВВГ	4x2,5
14	3	в трубах	9,84	13	26	АВВГ	4x2,5
15	2	в трубах	9,84	13	26	АВВГ	4x2,5
16	2	в трубах	9,84	13	26	АВВГ	4x2,5

Далее выполним расчет потерь напряжения и мощности в цеховой распределительной сети. Потребитель электрической энергии работает нормально, когда на их зажимы подается напряжение, на которое рассчитан данный ЭП. При передаче электроэнергии по проводам часть напряжения теряется на сопротивление проводов, в результате чего в конце линии, то есть у потребителя, напряжение может оказаться ниже напряжения на шинах ПС.

Согласно ПУЭ, для силовых сетей отклонение напряжения от номинального не должно отклоняться более чем на 5 %.

Потери напряжения относительно номинального напряжения сети в процентах вычисляются по формуле:

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

Потери активной и реактивной мощностей определяются по формулам:

$$\Delta P = 3 * I_p^2 * r_{yд} * L * 10^{-3},$$

$$\Delta Q = 3 * I_p^2 * x_{yд} * L * 10^{-3},$$

где I_p - расчетный ток электроприемника, А; L - длина кабеля, м; $r_{yд}$ - удельное активное сопротивление кабеля, Ом/м; $x_{yд}$ - удельное индуктивное сопротивление кабеля, Ом/м.

Потери электроэнергии в кабеле:

$$\Delta W = \Delta P * \tau,$$

где τ - время потерь, час.

Время потерь:

$$\tau = (0,124 + T_{max} * 10^{-4})^2 * T_{\text{год}},$$

где $T_{\text{год}}$ - время за год, $T_{\text{год}} = 8760$ ч, T_{max} - время использования максимума активной нагрузки, зависит от количества смен, так как у нас две рабочих смены, то $T_{max} = 5060$ ч.

Для примера определим потери электроэнергии для ЭП №1:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * 8,85 * 6(12,6 * 10^{-3} * 0,65 + 0,116 * 10^{-3} * 0,76)}{380} * 100\% = 0,2\%$$

$$\Delta P = 3 * 8,85^2 * 12,6 * 10^{-3} * 6 * 10^{-3} = 0,01 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q = 3 * 8,85^2 * 0,116 * 10^{-3} * 6 * 10^{-3} = 0,124 * 10^{-3} \text{ кВт},$$

$$\tau = (0,124 + 5060 * 10^{-4})^2 * 8760 = 3477 \text{ ч},$$

$$\Delta W = 0,01 * 3477 = 34,77 \text{ кВт * ч.}$$

Расчет потери электроэнергии для всех элементов сети производится аналогичным образом.

Результаты расчета потери электроэнергии представлены в таблице 11.2:

Таблица 11.2 – Результаты расчета

Номер ЭП	Длина, м	Iрасч., А	Кабель			cosφ	sinφ	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔQ, кВАр	ΔW, кВт/ч
			Сечение	гуд.Ом/км	худ.Ом/км						
1	6	8,85	4x2,5	12,6	0,116	0,89	0,46	0,27257143	0,015795	7,45E-05	31,085226
2	5	8,85	4x2,5	12,6	0,116	0,89	0,46	0,22714286	0,013163	6,208E-05	25,904355
3	5	1,74	4x2,5	12,6	0,116	0,67	0,74	0,0337988	0,000383	3,906E-06	0,7536406
4	5	1,74	4x2,5	12,6	0,116	0,67	0,74	0,0337988	0,000383	3,906E-06	0,7536406
5	4	8,85	4x2,5	12,6	0,116	0,51	0,86	0,10524886	0,006034	9,37E-05	11,875255
6	2	8,85	4x2,5	12,6	0,116	0,51	0,86	0,05262443	0,003017	4,685E-05	5,9376275
7	5	8,85	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,19206078	0,011092	9,006E-05	21,829513
8	3	8,85	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,11523647	0,006655	5,404E-05	13,097708
9	6	9,84	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,25640114	0,016474	0,0001338	32,420919
10	5	9,84	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,21366762	0,013728	0,0001115	27,017433
11	5	9,84	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,21366762	0,013728	0,0001115	27,017433
12	4	9,84	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,17093409	0,010983	8,917E-05	21,613946
13	3	9,84	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,12820057	0,008237	6,688E-05	16,21046
14	3	9,84	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,12820057	0,008237	6,688E-05	16,21046
15	2	9,84	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,08546705	0,005491	4,459E-05	10,806973
16	2	9,84	4x2,5	12,6	0,116	0,75	0,66	0,08546705	0,005491	4,459E-05	10,806973

12 Электротехнический расчет электрического освещения. Выбор щитов освещения, кабелей и защитной аппаратуры

Для светильников общего освещения применяется напряжение 220 В. Электроснабжение рабочего и аварийного освещения выполняется самостоятельными линиями от главного щита освещения и главного щита аварийного освещения, подключенных к шинам низкого напряжения подстанции. При этом электроэнергия от подстанции передается питающими линиями на групповые осветительные щитки. Питание источников света осуществляется от групповых щитков групповыми линиями.

Для взрывоопасных помещений требуют применять от групповых щитков до светильников трехпроводные однофазные линии с обязательным заземлением светильника третьим проводником. Использование трехфазной четырехпроводной групповой линии возможно только для освещения РТП.

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

Задачей данного раздела является оптимальное распределение светильников по фазам, выбор осветительного щита и питающего кабеля. Лампы распределяются относительно фаз таким образом, чтобы суммарная нагрузка фаз была равномерной. Нагрузку можно считать равномерной, если моменты нагрузок отличаются незначительно.

Момент нагрузок для рабочего освещения:

$$M = \sum P_i * l_{\text{л}}, \quad (12.1)$$

где P_i - мощность лампы, кВт; $l_{\text{л}}$ - расстояние от ИП до лампы, м.

$$\sum M_A \approx \sum M_B \approx \sum M_C .$$

Такое размещение позволяет выравнивать нагрузку по фазам.

При заданных номинальном напряжении сети и материале проводника потери напряжения на каждом участке осветительной сети определяются по формуле:

$$\Delta U = \frac{M_L}{C * S}, \quad (12.2)$$

где M_L - момент нагрузки в линии, $\text{kBm}\cdot\text{м}$; C - коэффициент схемы освещения, для трехфазной системы с нулевым проводом сети 220 В $C = 14,7$ для сети 380 В - $C = 44$, S - сечение проводника, мм^2 .

Значение минимального сечения проводника определяется согласно формуле:

$$S = \frac{M_L}{C * \Delta U_{\text{доп}}}, \quad (12.3)$$

где $\Delta U_{\text{доп}}$ - допустимые потери напряжения в линии (ряду), согласно ПУЭ, допустимая потеря напряжения для осветительной нагрузки составляет 2,5 %.

При этом момент нагрузки в линии определяется в соответствии с формулой:

$$M_L = n * P_i * \left(l_0 + \frac{l * (n - 1)}{2} \right), \quad (12.4)$$

где n - количество светильников в линии, шт; P_i - активная мощность лампы, кВт; l_0 - расстояние от лампы до ЩО, м; l - расстояние между лампами, м.

Значение расчетной нагрузки определяется согласно формуле:

$$P_{p.o} = N * P_{\text{ном}} * K_c * K_{\text{ПРА}}, \quad (12.5)$$

где N - количество светильников в ряду, шт; $P_{\text{ном}}$ - номинальная мощность одной лампы, кВт; K_c - коэффициент спроса; $K_{\text{ПРА}}$ - коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре.

Для определения значения сечения проводника необходимо определить максимальный расчетный ток для освещения:

$$I_{p.o} = \frac{P_{p.o}}{\sqrt{3} * U_{\text{л}} * \cos\varphi}. \quad (12.6)$$

Выбор проводников осветительной сети производится по следующим условиям:

1. должна обеспечиваться достаточная механическая прочность;
2. прохождение тока нагрузки не должно вызвать перегрев проводников $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{раб}}$;

3. у источника света должен поддерживаться необходимый уровень напряжения.

По расчетному току выбирается осветительный щиток типа ЩО, автомат на вводе и на отходящих линиях. Вследствие того, что сети освещения являются протяженными и с малыми сечениями, откуда большое сопротивление, следовательно, малый ток КЗ, поэтому коммутационная аппаратура на стойкость не проверяется.

12.1 Электротехнический расчет рабочего освещения

Проведем распределение по фазам в соответствии с рисунком 15.1. Получим 2 линии трехфазной нагрузки.

Для примера определим моменты нагрузок первого ряда при расстоянии между светильниками в продольной оси $L_A = 2,5$ м. Расстояние до потолка равно 2,7 м, отсюда расстояние от лампы первого ряда до ЩО равно:

$$l_0 = 0,72 + 2,7 = 3,42 \text{ м},$$

$$M_A = 0,07 * (3,42 + 2,5 * 2) = 0,589 \text{ кВт} * \text{м},$$

$$M_B = 0,07 * (3,42 + 2,5) = 0,4144 \text{ кВт} * \text{м},$$

$$M_C = 0,07 * 3,42 = 0,24 \text{ кВт} * \text{м}.$$

Оставшиеся ряды рассчитываются по аналогии, результаты расчетов представлены в таблице 12.1.

Таблица 12.1.1 – Расчет моментов нагрузок по фазам

	ряд 1	ряд 2	$\Sigma M, \text{кВт} * \text{м}$
$l_0, \text{м}$	3,42	3,42	
$L_A, \text{м}$	2,5		
$M_A, \text{кВт} * \text{м}$	2,2932	2,8182	5,1114
$M_B, \text{кВт} * \text{м}$	2,8182	3,3432	6,1614
$M_C, \text{кВт} * \text{м}$	3,3432	2,2932	5,6364

Нагрузка практически выравнена по фазам, так как моменты нагрузок отличаются незначительно. Поэтому осветительную нагрузку можно считать равномерной.

Рассчитаем моменты нагрузки в линиях.

Для примера определим момент нагрузки для первой линии:

$$M_{л1} = n * P_i * \left(l_0 + \frac{l * (n - 1)}{2} \right) = 3 * 0,07 * \left(3,42 + \frac{2,5 * (3 - 1)}{2} \right) \\ = 1,243 \text{ кВт} * \text{м.}$$

Моменты нагрузки в оставшихся рядах определяются по аналогии.

Результаты расчетов представлены в таблице 12.2.

Таблица 12.1.2 – Расчет моментов нагрузок в линиях

	ряд 1	ряд 2
$l_0, \text{м}$	3,42	3,42
$l_A, \text{м}$	2,5	
$M_l, \text{кВт} * \text{м}$	1,2432	1,2432

На рисунке 12.1.1 представлена схема питания рабочего освещения:

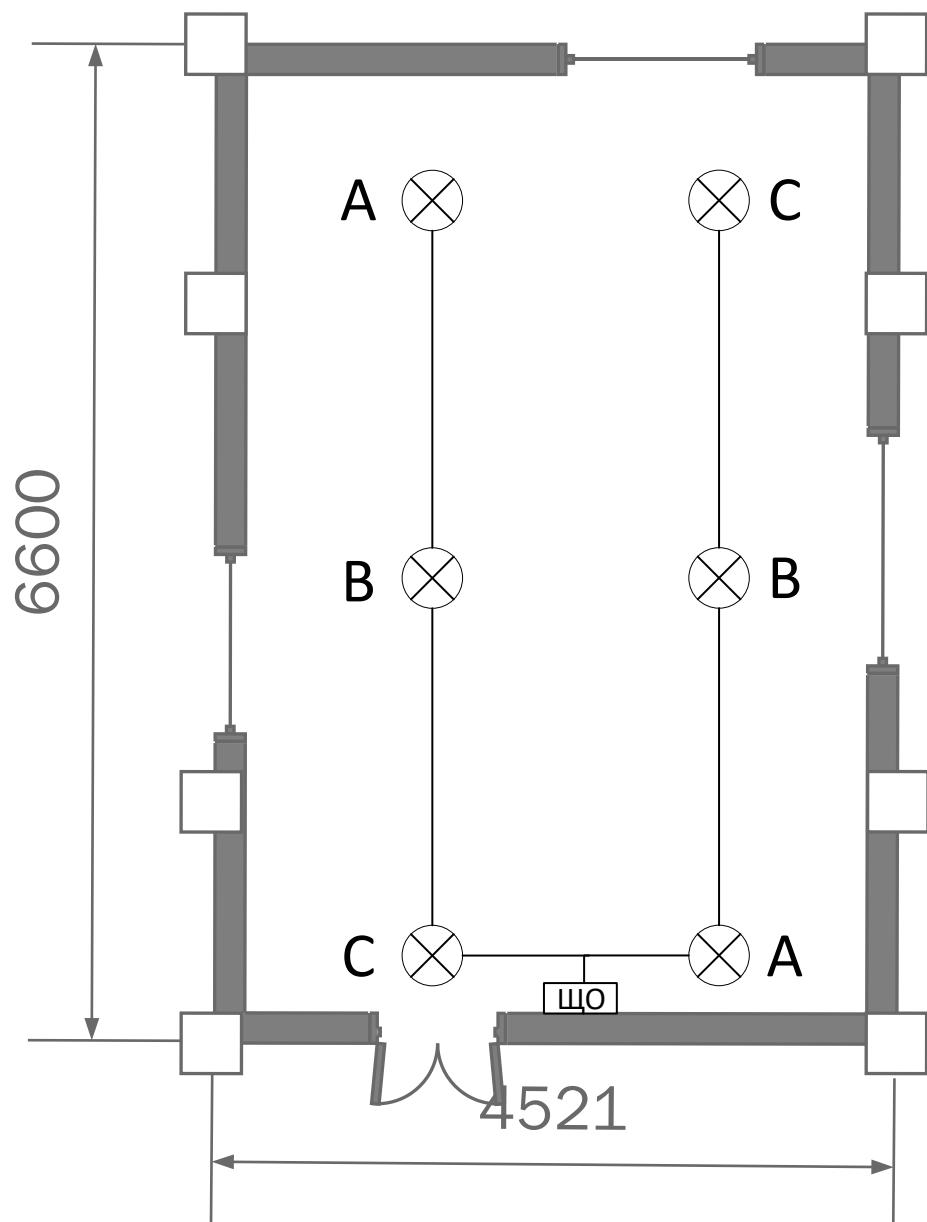


Рисунок 12.1.1 – Схема питания рабочего освещения

12.2 Электротехнический расчет аварийного освещения

Расчет аварийного освещения произведем аналогично расчету рабочего освещения.

Произведем расчет, в соответствии с рисунком 15.2. Получим 2 линии трехфазной нагрузки.

Расстояние до потолка равно 2,5 м, отсюда расстояние от лампы первого ряда до ЩАО равно:

$$l_0 = 2,5 + 1,88 = 4,38 \text{ м.}$$

Расчет моментов нагрузок по фазам при аварийном освещении представлен в таблице 12.2.1

Таблица 12.2.1 – Расчет моментов нагрузок по фазам

	ряд 1	ряд 2	ΣM , кВт·м
l_0 , м	4,38	4,38	
LA , м	2,3		
MA , кВт·м	0,3915	0,5065	0,898
MB , кВт·м	0,5065	0,2245	0,731
MC , кВт·м	0,2245	0,3915	0,616

Нагрузка максимально выравнена по фазам.

Расчет моментов нагрузок в линиях представлен в таблице 12.2.2

Таблица 12.2.2 – Расчет моментов нагрузок в линиях

	ряд 1	ряд 2
l_0 , м	4,38	4,38
LA , м	2,3	
M_l , кВт·м	0,2765	0,2765

На рисунке 12.2.1 представлена схема питания аварийного освещения:

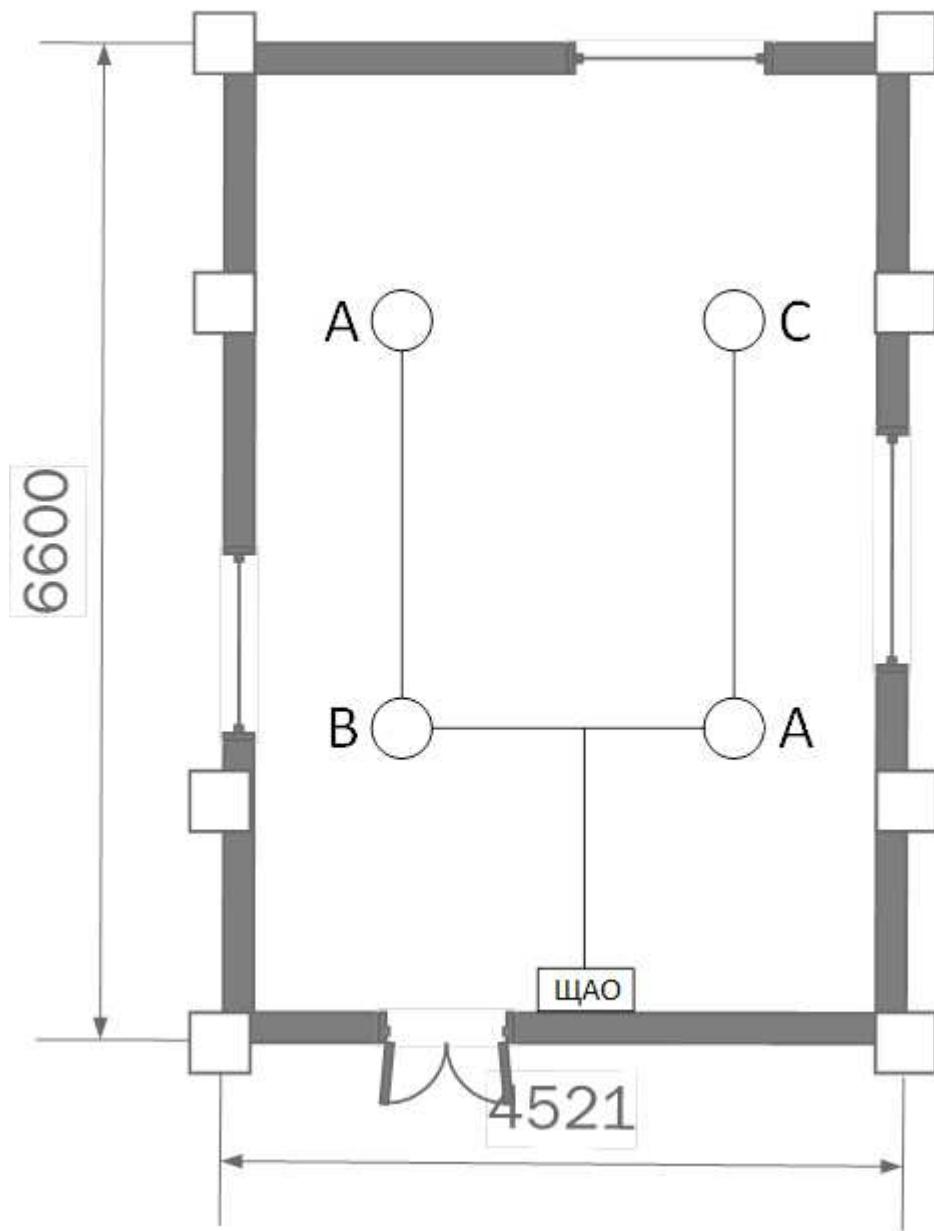


Рисунок 12.2.1 – Схема питания аварийного освещения

13 Расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания

Для вычисления токов КЗ должна быть составлена расчетная схема, включающая все элементы, по которым протекают токи в выбранной точке расчета. На схеме приводятся основные параметры оборудования, которые используются для последующего расчета.

По расчетной схеме составляется схема замещения, в которой каждый элемент заменяется соответствующим сопротивлением.

Расчет токов КЗ в сетях напряжением до 1 кВ выполняется, как правило, в именованных единицах (мОм). При этом учитываются активные и индуктивные сопротивления всех элементов цепи КЗ.

Заметное влияние на результаты расчета оказывают сопротивления различных контактных соединений. При отсутствии достоверных данных о числе и сопротивлении контактов рекомендуется учитывать их совокупно.

На рисунке 13.1 представлена схема замещения линии:

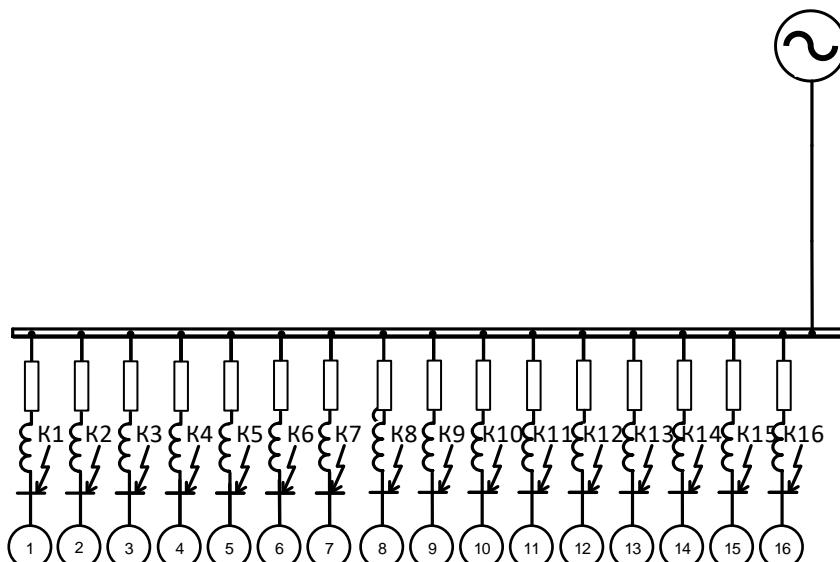


Рисунок 13.1 – Схема замещения линии

13.1 Расчет токов однофазного короткого замыкания

Для расчета однофазного тока короткого замыкания по ПУЭ рекомендуется следующая упрощенная формула:

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + Z_n},$$

где U_ϕ - фазное напряжение сети; Z_T - сопротивление силового трансформатора; Z_n - полное сопротивление петли прямого и обратного провода линии или кабеля.

Полное сопротивление петли: фазный-нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_\partial + R_{TT} + R_A)^2 + (X' + X_c + X_{TT} + X_A)^2},$$

где R_ϕ - суммарное активное сопротивления фазного провода; R_∂ - сопротивление дуги в точке КЗ, принимается равным 30 мОм; $R_{TT}X_{TT}$ - активное и индуктивное сопротивление трансформатора тока 0,15 мОм и 0,21 мОм соответственно; R_AX_A - активное и индуктивное сопротивление автоматических выключателей; X_c - сопротивление питающей системы; X' - внешнее индуктивное сопротивление петли “фаза-нуль”, принимается равным 0,6 Ом/км.

При расчете однофазных токов короткого замыкания необходимо учитывать сопротивление автоматических выключателей, которые включают в себя сопротивления катушек максимального тока автомата и переходное сопротивление контактов и составляет для автоматов с номинальными токами расцепителя:

$$I_{\text{р.ц.ном}} < 50 \text{ А} - R_A = 15 \text{ мОм}, X_A = 9 \text{ мОм};$$

$$I_{\text{р.ц.ном}} < 100 \text{ А} - R_A = 3,5 \text{ мОм}, X_A = 1,3 \text{ мОм};$$

$$I_{\text{п.ц.ном}} < 160 \text{ А} - R_A = 2 \text{ мОм}, X_A = 0,86 \text{ мОм};$$

$$I_{\text{п.ц.ном}} < 250 \text{ А} - R_A = 1,4 \text{ мОм}, X_A = 0,55 \text{ мОм}.$$

Для примера определим ток однофазного КЗ для ЭП №1.

Определим суммарное активное сопротивление фазного провода:

$$R_\Phi = r_0 * l = 12,6 * 6 = 75,6 \text{ мОм},$$

где r_0 - активное сопротивление кабеля, Ом/км; l - длина кабеля, м.

Сопротивление системы, приведенное к стороне 0,4 кВ:

$$X_{GS}^{0,4} = X_{GS}^{10} * \left(\frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 * 10^3 = 0,278 * \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 * 10^3 = 0,403 \text{ мОм}.$$

Внешнее индуктивное сопротивление петли “фаза-нуль”:

$$X' = x_0 * l = 0,116 * 6 = 0,696 \text{ мОм}.$$

Для ЭП №1 номинальный ток расцепителя $I_{\text{ном.расц}} = 10 \text{ А}$, тогда активное и индуктивное сопротивления выключателя соответственно $R_A = 12 \text{ мОм}$ и $X_A = 6 \text{ мОм}$.

Полное сопротивление петли: фазный-нулевой провод:

$$\begin{aligned} Z_n &= \sqrt{(75,6 + 30 + 0,15 + 12)^2 + (0,696 + 0,403 + 0,21 + 6)^2} \\ &= 117,98 \text{ мОм}. \end{aligned}$$

Определим ток однофазного КЗ для ЭП №1:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + Z_n} = \frac{220}{\frac{18}{3} + 117,98} = 1,77 \text{ кА.}$$

Расчет для оставшихся ЭП проводится аналогичным образом.
Результаты расчетов представлены в таблице 13.1.

Таблица 13.1.1 – Результаты расчетов тока однофазного КЗ

Точка КЗ	Номер ЭП	r0	x0	I	Rф	XGS(0,4)	X'	Iном.расц	RA	XA	Zn	Iкз
1	1	12,6	0,116	6	75,6	0,403	0,696	10	12	6	117,9766	1,774528
2	2	12,6	0,116	5	63	0,403	0,58	10	12	6	105,3957	1,974941
3	3	12,6	0,116	5	63	0,403	0,58	2	19	10	112,7072	1,8533
4	4	12,6	0,116	5	63	0,403	0,58	2	19	10	112,7072	1,8533
5	5	12,6	0,116	4	50,4	0,403	0,464	10	12	6	92,82018	2,226266
6	6	12,6	0,116	2	25,2	0,403	0,232	10	12	6	67,69695	2,985198
7	7	12,6	0,116	5	63	0,403	0,58	10	12	6	105,3957	1,974941
8	8	12,6	0,116	3	37,8	0,403	0,348	10	12	6	80,25246	2,550652
9	9	12,6	0,116	6	75,6	0,403	0,696	13	25	12	131,4256	1,600866
10	10	12,6	0,116	5	63	0,403	0,58	13	25	12	118,8843	1,761631
11	11	12,6	0,116	5	63	0,403	0,58	13	25	12	118,8843	1,761631
12	12	12,6	0,116	4	50,4	0,403	0,464	13	25	12	106,357	1,958045
13	13	12,6	0,116	3	37,8	0,403	0,348	13	25	12	93,84929	2,203321
14	14	12,6	0,116	3	37,8	0,403	0,348	13	25	12	93,84929	2,203321
15	15	12,6	0,116	2	25,2	0,403	0,232	13	25	12	81,37024	2,51802
16	16	12,6	0,116	2	25,2	0,403	0,232	3	25	12	81,37024	2,51802

14 Расчет стоимости реконструкции котельной

Для расчета стоимости реконструкции котельной следует пользоваться укрупненными показателями [11].

Капиталовложения складываются из затрат на:

1. Стоимость реконструкции системы электроснабжения котельной;
2. Стоимость самой котельной.

В стоимость реконструкции системы электроснабжения котельной входят затраты на кабели, питающие отдельные электроприемники, и комутационно-защитные аппараты.

В стоимость замены котельной входят затраты на покупку котельной и её монтаж.

Определение стоимости планируемого к строительству объекта рекомендуется осуществлять с применением коэффициентов, учитывающих регионально-экономические, регионально-климатические, инженерно-геологические и другие условия осуществления строительства по формуле:

$$C_{\text{ПР}} = \left[\left(\sum_{i=1}^N C_i * M * K_C * K_{\text{тр}} * K_{\text{пер}} * K_{\text{зон}} \right) \right] * \text{НДС}, \quad (14.1)$$

где: C_i - используемый укрупненный показатель - для базового района; N - общее количество используемых показателей по конкретному объекту; M - мощность планируемого к строительству объекта; K_C - коэффициент, характеризующий удорожание стоимости строительства в сейсмических районах Российской Федерации (приложение № 3) [11]; $K_{\text{тр}}$ - коэффициент перехода от базовых цен ФЕР 2001 года к ценам текущего периода [12]; $K_{\text{пер}}$ - коэффициент, учитывающий регионально-климатические условия осуществления строительства; $K_{\text{зон}}$ - коэффициент зонирования, учитывающий разницу в стоимости ресурсов в пределах региона (приложение № 3) [11]:

Рассчитаем стоимость планируемого к строительству объекта:

Для расчета стоимости выберем коэффициенты, согласно укрупненным показателям стоимости строительства [11]. Укрупненный показатель принимаем в соответствии с таблицей 1 [13], $C_i = 764$ руб; общее количество используемых показателей по конкретному объекту примем равным объему блочно-модульной котельной, $N = 80 \text{ м}^3$; коэффициент, характеризующий удорожание стоимости строительства в сейсмических районах Российской Федерации выбираем согласно приложению № 3 [11], в соответствии с Республикой Хакасия $K_C = 1,02$; коэффициент перехода от базовых цен ФЕР 2001 года к ценам текущего периода принимается в соответствии с приложением №1 [12], $K_{\text{тр}} = 1$; коэффициент, учитывающий регионально-климатические условия осуществления строительства выбираем по приложению №2 [11], $K_{\text{рег}} = 1,09$; коэффициент зонирования, учитывающий разницу в стоимости ресурсов в пределах региона принимаем согласно приложению № 3 [11], $K_{\text{зон}} = 1,091$; НДС = 1,18.

$$C_{\text{ПР}} = \left[\left(\sum_{i=1}^{80} 764 * 44 * 1,02 * 1 * 1,09 * 1,091 \right) \right] * 1,18 = 3849190,89 \text{ руб.}$$

Для полного расчета стоимости капитальных вложений нужно сложить затраты на покупку котельной, затраты на строительство котельной и затраты на автоматические выключатели и кабели.

Расчет стоимости капитальных вложений представлен в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Расчет стоимости

Наименование	Кол-во, м/шт	Цена за ед., руб	Общая стоимость, руб
ВА 47-29-2	2	148,21	296
ВА 47-29-10	6	118,12	709
ВА 47-29-13	8	148,21	1186
АВВГ 4x2,5	65	24,19	1572
Стоимость блочно-модульной котельной			5340000
Стоимость установки блочно-модульной котельной			3849191
Капитальные затраты			9191382

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были выполнены все поставленные цели и задачи.

Был произведен расчет тепловых нагрузок в соответствии с отапливаемой площадью, в соответствии с расчетной тепловой нагрузкой была выбрана блочно-модульная котельная МКУ – 1,6МВт.

Было выбрано оборудование котельной, обеспечивающее бесперебойную работу.

Был произведен расчет электрических нагрузок для электроснабжения собственных нужд.

Была рассчитана и выбрана силовая осветительная сеть котельной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выборку теплоты котельными - http://www.opengost.ru/iso/91_gosty_iso/91120_gost_iso/9112010_gost_iso/19461-metodicheskie-ukazaniya-po-opredeleniyu-rashodov-topliva-elektroenergii-i-vody-na-vyrabotku-teploty-kotelnymi.html;
2. Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормативы по электропотреблению и теплозащите. Республика Хакасия - https://znaytovar.ru/gost/2/TSN_233532004_Energeticheskaya.html;
3. СНиП 2.04.01-85;
4. Справочные данные по теплофизическим свойствам веществ в зависимости от температуры и давления - <http://thermalinfo.ru/svojstva-zhidkostej/voda-i-rastvory/teploprovodnost-i-plotnost-vody-teplofizicheskie-svojstva-vody-h2o>;
5. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики РФ – 7-е изд., перераб. и доп. С изменениями – М. Главгосэнергонадзор России, 2002. – 606 с.: ил.
6. Справочник для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг – Москва : Книга по Требованию, 2012. – 381 с.
7. Комплексные поставки электротехнической продукции - <http://www.comega.ru/>;
8. <http://treugoma.ru/>;
9. Компания Электроощит - <https://www.elschit33.ru/>;
- 10.<https://keaz.ru/>;
- 11.Сборник укрупненных показателей стоимости строительства (реконструкции) подстанций и линий электропередачи для нужд ОАО «Холдинг МРСК»;
- 12.Письмо Минстроя России от 30 января 2020 г. № 2538-ИФ/09 ;
- 13.СНиП IV-14-84 Сборники укрупненных показателей стоимости строительства. Базы строительной индустрии - <http://docs.cntd.ru/document/1200060808>
- 14.Справочник цехового энергетика / Л.Е. Старкова.– Москва : Инфра–Инженерия , 2009. – 352 с.
- 15.РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с.
- 16.Выбор электрооборудования систем электроснабжения промышленных предприятий: пособие для студентов специальности «Электроснабжение» / В.Н. Радкевич, В.Б. Козловская, И.В. Колосова. – Минск : БНТУ, 2017. –172 с.
- 17.Латушкина Л.Л. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Расчет токов короткого замыкания: учебное пособие для выполнения курсовой работы. – Абакан: Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2013. – 142 с.

18. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.
19. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. От 27.12.2019)
20. Кабельная поисковая система <https://k-ps.ru/>
21. Энегоснабкомплекс <http://www.esbk.ru/>
22. <http://www.mitek.spb.ru/>
23. <https://keaz.ru/>
24. Котельный завод «Теплоэксперт» - <https://kvtc.ru/>
25. Производство котлов и котельных - <https://kotel-kv.ru/>

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в 1 экземпляре.

Библиография 25 наименований.

Электронный экземпляр сдан на кафедру.

«_____» _____
(дата)

(подпись)

(ФИО)

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

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

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедры
 Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия
«28» 07 2020г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование специальности)

Реконструкция системы электроснабжения котельной с.Бородино
(наименование темы)

Руководитель Ed. I. «14» 07 2020г. доцент каф. ЭЭ
подпись, дата должность, ученая степень

Е.В.Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник St. «22» 07 2020г
подпись дата

Д.В.Фроловский
инициалы, фамилия

Нормоконтролер Ig. «17» 07 2020г
подпись, дата

И.А.Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2020