

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
« ____ » _____ 2019г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

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

Электроснабжение цеха по производству блоков из газобетона
ООО «Пораблок», г. Курган
(наименование темы)

Руководитель	_____	<u>доцент каф.ЭЭ,к.т.н А.В.Коловский</u>
	подпись дата	должность, ученая степень инициалы , фамилия
Выпускник	_____	<u>А.В.Елешина</u>
	подпись дата	инициалы , фамилия
Нормоконтролер	_____	<u>И.А.Кычакова</u>
	подпись дата	инициалы, фамилия

Абакан 2019

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа на тему «Электроснабжение цеха по производству блоков из газобетона ООО «Пораблок», г. Курган содержит 41 страницу текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ОСВЕЩЕНИЕ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, РАСЧЕТ НАГРУЗКИ, КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ.

Объект проектирования – электроснабжение цеха по производству блоков из газобетона ООО «Пораблок» в г. Курган.

Цель работы – проектирование системы электроснабжения цеха по производству блоков из газобетона ООО «Пораблок» в г. Курган.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Выполнен светотехнический расчет освещения в программе Dialux и выбраны тип и количество светильников;
- Произведено разбиение электроприемников на группы и рассчитаны нагрузки на силовых пунктах;
- Разработана схема электроснабжения объектов;
- Произведен выбор защитно-коммутационных аппаратов и кабельно-проводниковой продукции
- Выполнена проверка оборудования по токам короткого замыкания.

ABSTRACT

The bachelor's work on the theme “Power supply of the plant for the production of blocks of aerated concrete OOO Porablok, Kurgan contains 41 pages of a text document, 25 sources used, 3 sheets of graphic material.

ELECTRICAL SUPPLY, SELECTION OF EQUIPMENT, LIGHTING, SHORT CIRCUIT, LOAD CALCULATION, USEFUL COEFFICIENT, SWITCHES.

The object of the design is the power supply of the plant for the production of blocks of aerated concrete LLC “Porablok” in the city of Kurgan.

The purpose of the work is to design the power supply system of the plant for the production of blocks from aerated concrete LLC «Porablok» in the city of Kurgan.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

- The lighting calculation of lighting was performed in the Dialux program and the type and number of luminaires were selected;
- The power consumers were divided into groups and the loads at power points were calculated;
- The scheme of power supply facilities;
- Selection of safety-switching devices and cable and wiring products
- The equipment has been tested for short-circuit currents.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Теоретическая часть.....	6
1.1 Нормативные требования к электроснабжению промышленных предприятий и цехов.....	6
1.2 Характеристика предприятия как объекта электроснабжения	7
1.3 Обзор методик расчета электрических нагрузок.....	10
2 Аналитическая часть.....	14
2.1 Светотехнический расчет системы освещения.....	14
2.2 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок по силовым пунктам.....	20
2.3 Расчет нагрузки на шинах ТП.....	24
2.4 Выбор источника питания и трансформаторной подстанции 10 кВ /0,4 кВ.....	27
3 Практическая часть. Проектирование электроснабжения.....	29
3.1 Проектирование схемы внешнего электроснабжения	29
3.2 Выбор коммутационных аппаратов	30
3.3 Выбор кабельно-проводниковой продукции	32
3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования.....	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	38
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	39

ВВЕДЕНИЕ

Система электроснабжения должна иметь возможность обеспечить совершенствование технологии работ и обеспечивать требуемую надежность и качество электроэнергии. В цеховых электрических сетях в качестве проводника используются кабельные линии для подключения электрической аппаратуры.

Цель данной бакалаврской работы – спроектировать систему электроснабжения цеха по производству блоков из газобетона ООО «Пораблок» г. Курган. Данная система электроснабжения должна соответствовать современным требованиям к системам, таким как надёжность, безопасность для человека и окружающей среды.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Выбрать источник и схему внешнего электроснабжения;
- Разбить электроприемники по силовым пунктам и рассчитать нагрузки групп;
- На основании светотехнического расчета выбрать число, тип, мощность и расположение светильников;
- Выбрать аппараты защиты и кабельно-проводниковую;
- Проверить выбранную аппаратуру по тока короткого замыкания.

1 Теоретическая часть

1.1 Нормативные требования к электроснабжению промышленных предприятий и цехов

Современные промышленные предприятия представляют собой совокупность инженерных и коммуникационных сетей, оборудования объединенных в единый технологический процесс. Бесперебойная работа всех звеньев этой цепи во многом зависит от системы электроснабжения. Грамотно спроектированная система электроснабжения и выбор источников питания позволит обеспечить функционирование технологического процесса на стадии подготовки к запуску оборудования в работу.

Во всем мире наблюдается устойчивая тенденция к росту затрат на энергоресурсы. В России это явление выражено значительно сильнее в связи с многолетней тарифной политикой. В зависимости от вида продукции доля затрат на энергоресурсы и системы энергоснабжения промышленных предприятий составляет от 5 до 55% себестоимости продукции. На конкурентоспособность продукции предприятия значительно влияет и эффективное использование энергоресурсов и доли затрат на них в себестоимости продукции.

Для создания проекта электроснабжения предприятия недостаточно только знаний и опыта работы в электрических сетях, так как это не всегда позволит учесть все нюансы работы системы электроснабжения промышленного предприятия. Поэтому разработку системы электроснабжения необходимо вести с учетом технологических процессов на предприятии.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка электроснабжения цеха по производству блоков из газобетона ООО «Пораблок» в г. Курган. Система электроснабжения должна

удовлетворять требованию надежности и обеспечивать качество подаваемой электроэнергии.

Система электроснабжения должна быть выполнена в соответствии со следующими нормативными документами:

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;

ПУЭ 7-е издание «Правила устройств электроустановок»;

СП-31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»;

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87 молниезащита данного объекта не требуется.

1.2 Характеристика предприятия как объекта электроснабжения

Географическое расположение предприятия

Предприятие «Пораблок» расположено в промышленном районе г. Курган, по адресу пр. М.Голикова 29.

Краткая характеристика объекта

Предприятие «Параблок» является единственным в Курганской области, специализирующимся на выпуске изделий из автоклавного ячеистого газобетона. Номенклатура выпускаемых изделий:

- блоки стеновые;
- стеновые панели;
- теплоизоляционные плиты;
- сухие строительные смеси.

Ячеистый бетон (газобетон) – это легкий, прочный и экологичный, искусственный пористый камень. Ячеистые бетоны изготавливают из вяжущего, кремнеземистого компонента, порообразователя

и воды. Вяжущими для производства ячеистых бетонов служат цемент, известь, гипс, а также как сырьё будут использоваться отходы Курганской ТЭЦ. За счет уникального сочетания своих высочайших технологических и эксплуатационных качеств газобетонные блоки уже давно лидируют на рынке стеновых материалов. Изделия из ячеистого бетона, позволяют экономить средства строителям и владельцам домов: высокая экономичность – повышенное удобство и функциональность.

Для производства газобетонов на предприятии «Параблок» используется современная автоматизированная линия от компании WERNHANN. Объем выпускаемой продукции 320 тыс. м³ в год. Работа предприятия рассчитана на трехсменную работу, $T_{\max} = 7200$ часов.

В производстве газобетона высокие требования предъявляются к предварительной подготовке и дозированию сырьевых материалов, контролю процесса ферментации, точности профилирования и резки блоков, а также к автоматическому управлению всеми производственными процессами. Автоматизированная линия WERNHANN является высокопроизводительным, автоматизированным и компьютеризированным оборудованием для производства широкого ассортимента газобетонных изделий высочайшего качества. Указанные особенности производства требуют обеспечения надежности и независимости электроснабжения на данном предприятии, для чего предлагаем применить автономное электроснабжение. Такое решение принято в свете возможных перебоев электроснабжения, которые могут привести к нарушению технологий и недоотпуску продукции, что в свою очередь приведет к невыполнению обязательств перед поставщиками и возможному невыполнению строительства в заданные сроки. Еще одним аргументом за использование автономных источников – это возможность вырабатывать вместе с электричеством тепловую энергию без расхода лишнего топлива. Такая технология получения тепловой энергии называется когенерацией.

Производство размещено в четырех цехах: цех приемки и подготовки сырьевых материалов, цех помола золы, цех по производству блоков из газобетона, цех по производству сухих строительных смесей. Общая площадь производственных цехов составляет 12000 м². Установленная мощность производственного оборудования предприятия 1943 кВт, а цеха по производству блоков газобетона 746 кВт, рабочее напряжение 380/220 В. Сведения об электроприемниках (ЭП) приведены в таблице 1.1. Нагрузка представлена потребителями II и III категории по надежности электроснабжения.

Таблица 1.1 – Сведения об электроприемниках цеха по производству блоков из газобетона

№ пп	Наименование	Кол-во ЭП	Мощность одного ЭП, кВт	Общая мощность, кВт	$k_{и}$	$\cos\phi$
1	Дозирование и смешивание	1	30	30	0,8	0,75
2-10	Вибрационная пластина	9	17,5	175	0,8	0,75
11	Рельсовая тележка	1	15	15	0,4	0,7
12	Толкатель форм.	1	32	32	0,9	0,75
13	Машина для смазки форм	1	2	2	0,5	0,8
14	Машина резки по толщине	1	56	56	0,9	0,75
15	Боковой триммер	1	26	26	0,6	0,8
16	Машина поперечной резки	1	10	10	0,5	0,75
17	Машина обработки формы	1	5	5	0,5	0,75
18	Подающее устройство автоклавных поддонов.	1	9	9	0,3	0,7
19-23	Подачи автоклавных тележек	5	15	75	0,3	0,75
24-28	Двери автоклава	5	1	5	0,3	0,8
29-34	Механизм для удаления нижнего слоя	5	8,5	42,5	0,3	0,85
35-39	Управление автоклавом	5	0,3	1,5	1	0,85
40	Прессовка пакетов	1	2	2	0,4	0,75
41	Система транспортировки пакетов	1	1,5	1,5	0,8	0,8
42	Укладочно-сортировочная машина	1	15	15	0,7	0,75
43	Машина для кантования	1	20	20	0,7	0,75
44	Котел	1	80	80	0,8	0,85
45	Машина вытяжки	1	25	25	0,9	0,7

Окончание таблицы 1.1

№ пп	Наименование	Кол-во ЭП	Мощность одного ЭП, кВт	Общая мощность, кВт	$k_{и}$	$\cos\phi$
------	--------------	-----------	-------------------------	---------------------	---------	------------

46	Охладитель	1	50	50	0,8	0,7
47-48	Насосная технического водопровода	2	8	16	0,75	0,7
48-52	Вентиляция	5	14	70	0,9	0,8
Итого		52		746		

Данные по установочной мощности остальных цехов представлены в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Сведения о мощности цехов предприятия

Наименование цеха	Установленная мощность, P_y , кВт	k_n	$\cos\phi$
Цех приемки и подготовки сырьевых материалов	410	0,65	0,7
Цех помола золы	390	0,6	0,75
Цех по производству сухих строительных смесей	288	0,7	0,8
Склад	22	0,3	0,8
Административно-технический корпус	80	0,7	0,85

1.3 Обзор методик расчета электрических нагрузок

Теория расчета электрических нагрузок, основы которой сформировалась в 1930е годы, ставила целью определить набор формул, дающих однозначное решение при заданных электроприемниках и графиках (показателях) электрических нагрузок. В целом практика показала ограниченность подхода «снизу вверх», опирающегося на исходные данные по отдельным электроприемникам и их группам. Эта теория сохраняет значение при расчете режимов работы небольшого числа электроприемников с известными данными, при сложении ограниченного числа графиков, при расчетах для 2УР.

В 1980—1990е гг. теория расчета электрических нагрузок все в большей степени придерживается неформализованных методов, в частности, комплексного метода расчета электрических нагрузок, элементы которого вошли в «Указания по расчету электрических нагрузок систем электроснабжения» (РТМ 36.18.32.0289). Вероятно, работа с

информационными базами данных по электрическим и Технологическим показателям, кластеранализ и теория распознавания образов, построение вероятностных и ценологических распределений для экспертной и профессионально-логической оценки могут решить окончательно проблему расчета электрических нагрузок на всех уровнях системы электроснабжения и на всех стадиях принятия технического или инвестиционного решения.

Формализация расчета электрических нагрузок развивалась все годы в нескольких направлениях и привела к следующим методам:

- эмпирический (метод коэффициента спроса, двухчленных эмпирических выражений, удельного расхода электроэнергии и удельных плотностей нагрузки, технологического графика);
- упорядоченных диаграмм, трансформировавшийся в расчет по коэффициенту расчетной активной мощности;

Расчет нагрузки в ВКР будем вести согласно РТМ 36.18.32.4-92. Его основные положения приведены ниже.

Расчетная активная P_p и реактивная Q_p 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 [1].

Для одиночных ЭП расчетная мощность принимается равной номинальной, для одиночных ЭП повторно-кратковременного режима – равной номинальной, приведенной к длительному режиму.

Расчет электрических нагрузок группы электроприемников напряжением до 1 кВ для каждого узла питания рекомендуется выполнять по форме Ф636-92, представленной в приложении А. Вначале заполняются исходные данные для расчета (графы 1-6). При этом следует учесть следующие рекомендации:

- Все ЭП группируются по характерным категориям с одинаковыми $K_{и}$

и $\text{tg}\varphi$. В каждой строке указываются ЭП одинаковой мощности;

– Резервные электроприемники, ремонтные электроприемники, а также электроприемники, работающие кратковременно (пожарные насосы, задвижки, вентили и т. п.), при подсчете расчетной мощности не учитываются (за исключением случаев, когда мощности пожарных насосов и других противоаварийных ЭП определяют выбор элементов сети электроснабжения);

– Для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода.

Затем определяется групповой коэффициент использования для данного узла питания по формуле (1.1)

$$K_u = \Sigma(K_u P_n) / \Sigma P_n, \quad (1.1)$$

где $\Sigma(K_u P_n)$ – сумма произведений коэффициента использования отдельного электроприемника на его номинальную мощность;

ΣP_n – сумма номинальных мощностей отдельных электроприемников в узле или линии.

Значение K_u заносится в графу 5 итоговой строки.

Далее определяется эффективное число электроприемников n_s по формуле (1.2)

$$n_s = (\Sigma P_n)^2 / \Sigma (n p_n^2), \quad (1.2)$$

где P_n – номинальная мощность отдельного электроприемника

n – число электроприемников в узле или линии.

В зависимости от средневзвешенного коэффициента использования и эффективного числа электроприемников определяется коэффициент расчетной нагрузки K_p [РТМ 36.18.32.4-92, табл. 1 – 3].

Расчетная активная мощность подключенных к узлу питания ЭП напряжением до 1 кВ (графа 12) определяется по выражению (1.3)

$$P_p = K_p \Sigma(K_u P_n) \quad (1.3)$$

В случаях, когда расчетная мощность P_p окажется меньше номинальной наиболее мощного электроприемника, следует принимать $P_p = P_{н.макс}$.

Расчетная реактивная мощность (графа 13) в зависимости от $n_э$ определяется следующим образом:

$$\text{при } n_э \leq 10 \quad Q_p = 1,1 \Sigma(K_u P_n) \operatorname{tg} \varphi \quad (1.4)$$

$$\text{при } n_э > 10 \quad Q_p = \Sigma(K_u P_n) \operatorname{tg} \varphi \quad (1.5)$$

Для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых трансформаторных подстанций, а также при определении реактивной мощности в целом по цеху, корпусу, предприятию

$$Q_p = K_p \Sigma(K_u P_n) \operatorname{tg} \varphi = P_p \operatorname{tg} \varphi \quad (1.6)$$

К расчетной активной и реактивной мощности силовых ЭП напряжением до 1 кВ должны быть при необходимости добавлены осветительные нагрузки $P_{р.о}$ и $Q_{р.о}$.

Полная расчетная мощность S , кВ·А выбирается по формуле (1.7)

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1.X7)$$

Значение токовой расчетной нагрузки, по которой выбирается сечение линии по допустимому нагреву, определяется по выражению (1.8)

$$I_p = S_p / \sqrt{3}U_n \quad (1.8)$$

2 Аналитическая часть

2.1 Светотехнический расчет системы освещения

Dialux - одна из самых функциональных компьютерных программ для выполнения светотехнических расчетов и инженерного проектирования внутреннего и внешнего освещения. Она разрабатывалась и совершенствуется по сей день с 1994 года немецкой компанией DIAL GmbH, при этом распространяется и обновляется бесплатно. Постоянной поддержкой и совершенствованием продукта занимается группа из двадцати программистов.

Программа Dialux является эффективным инструментом для решения сложных задач по расчетам как естественной, так и искусственной освещенности разнообразных наружных и внутренних сцен, улиц, дорог, рабочих мест, офисов, аварийных систем, спортивных площадок и многого другого. Dialux полезен как проектировщикам, так и электрикам и дизайнерам для выполнения их работ в соответствии с регламентами по освещению. Интерфейс программы поддерживает множество языков, включая русский.

По изначально заданным условиям: количество светильников, их тип, расположение, - программа Dialux способна проводить разнообразные сложные светотехнические расчёты, при которых обязательно будут учтены все факторы, связанные с мебелью, различными предметами интерьера, геометрией помещения, цветом и текстурой всех поверхностей. Программа позволяет проводить расчеты для любых видов освещенности, КЕО, яркости, показателей блескости, теней и дневного света. Утилита учитывает

погодные условия, географическое расположение объекта, тени от окружающих объектов и зданий.

По результатам расчета программа строит графики, изолинии и таблицы распределения освещенности, формирует для светильников ведомости с их паспортными данными. Графически изображаются распределения освещенности по рассматриваемой поверхности и строится фотореалистичный трехмерный рисунок помещения, благодаря интегрированному визуализатору POV-Ray.

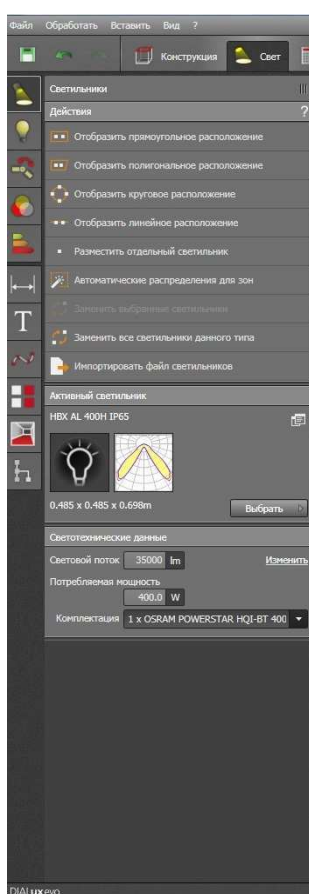


Рисунок 2.1 – Создание системы освещения в Dialux

На панели кнопок находятся кнопки «выбор поверхностей и элементов помещения», «разрешить или блокировать выбор окон, дверей и расчетных поверхностей», «разрешить или блокировать выбор мебели», «разрешить и блокировать выбор отдельных светильников», «разрешить или блокировать

выбор групп светильников», «разрешить или блокировать выбор расчетных точек».

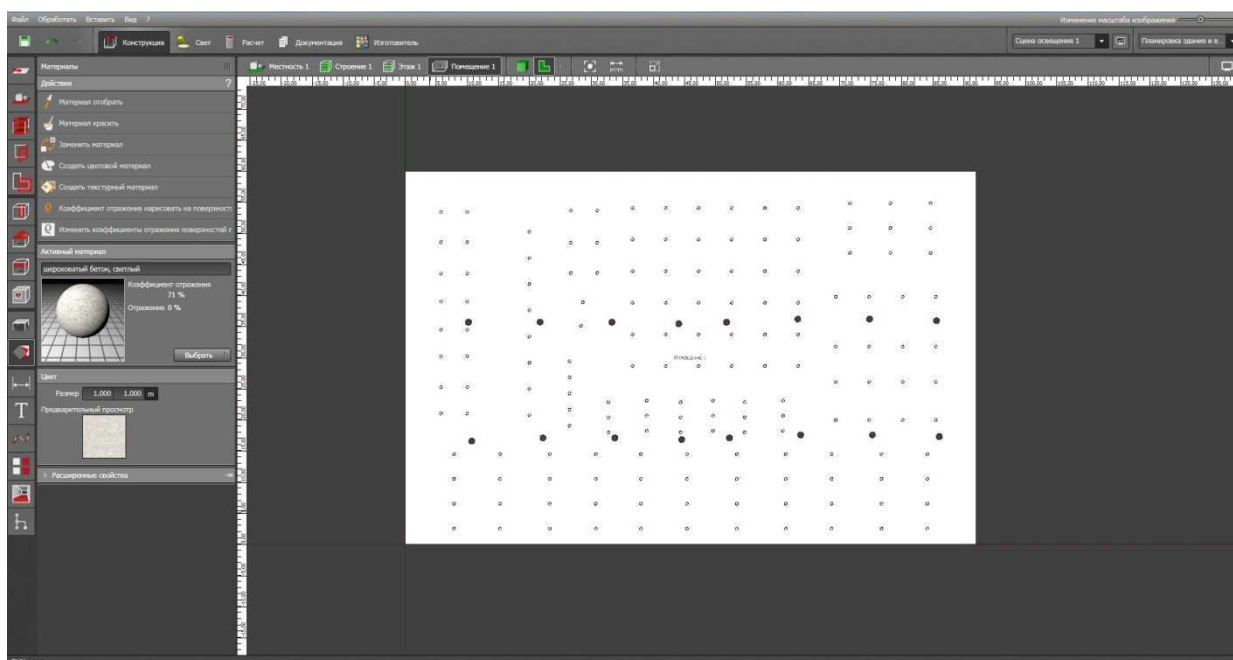


Рисунок 2.2 – Схема расположения элементов

Справа находятся кнопки, которыми можно управлять моделью: «выбрать объекты», «укрупнять и уменьшать вид», «поворачивать вид», «сместить вид», «перемещаться по сцене». Все эти кнопки позволяют быстро работать с моделью.

Вся остальная часть окна разделяется на 4 основные области работы. В левом верхнем углу находится Инспектор, который позволяет задавать параметры объектов в модели. В левом нижнем углу находится Проводник и окно Проектное дерево. Вся остальная часть отводится под CAD - окно. Эти четыре участка работы позволяют эффективное и наглядное планирование осветительной установки.

В каждой из этих областей можно вызывать определенную функцию программного обеспечения и соответственно обрабатывать объекты. CAD окно служит интерактивному планированию освещения. В нем можно графически, при помощи мыши, перемещаться по сцене, поворачивать,

увеличивать (приближать), передвигать помещение, сцену на улице или стандартную дорогу.

Также большим плюсом этого окна является возможность просмотра модели со всех сторон. Функция увеличения/уменьшения 3D-модели сцены доступна с помощью колёсика мыши.

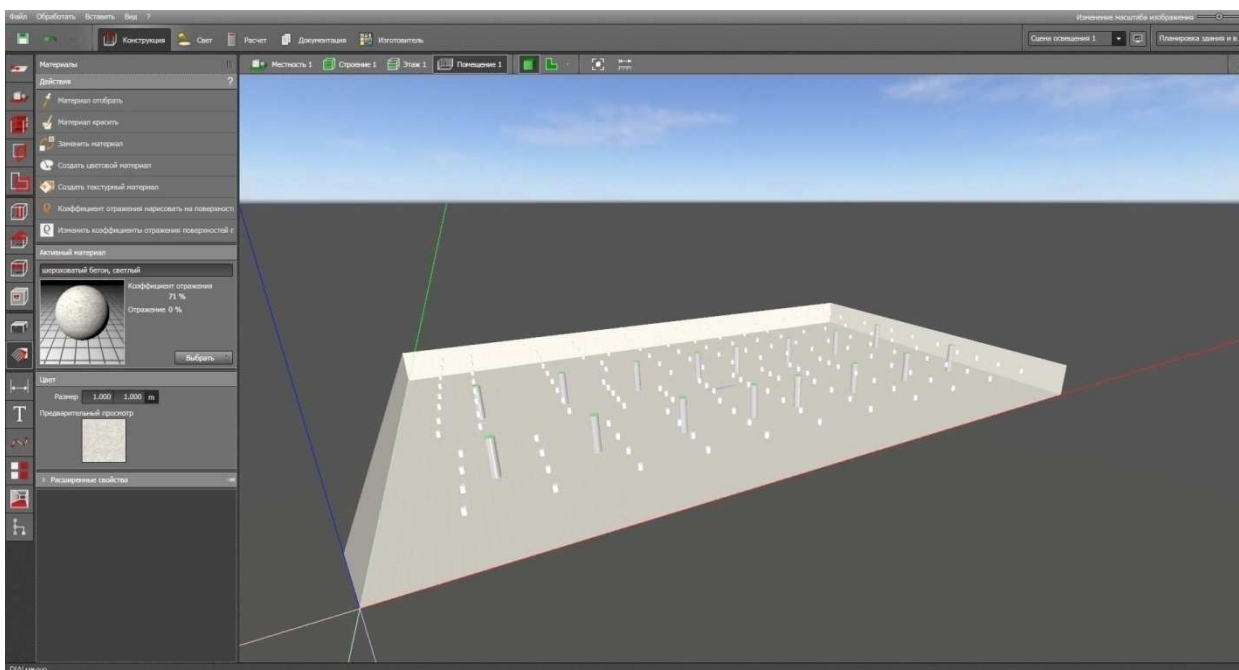


Рисунок 2.3 – Трёхмерная модель освещения в Dialux

Проектное дерево позволяет быструю работу с элементами планирования освещения. Каждый из элементов можно маркировать изменять и видеть его свойства в Инспекторе.

Проводник открывает непосредственно этапы работы, необходимые для планирования. Он служит как «красная нить» и ведет пользователя быстро к цели. Инспектор позволяет рассматривать свойства каждого помеченного объекта в САД-представлении или в Проектном дереве. Здесь можно некоторые значения изменить.

1. Первым этапом в создании проекта осветительной установки является создание модели помещения с соблюдением всех точных геометрических размеров, кроме того, на данном этапе также вводятся значения коэффициентов отражения потолка, стен и пола. Полученную

модель можно просмотреть в разных видах: вид в плане, вид сбоку, вид спереди и 3D-отображение.

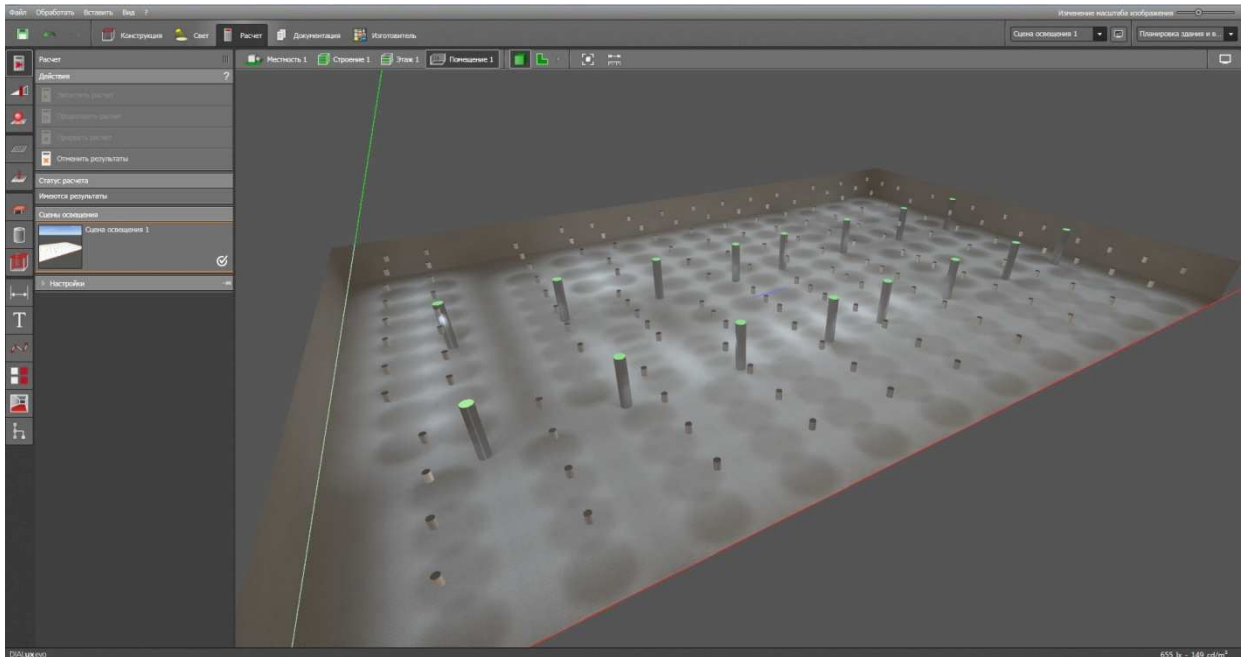


Рисунок 2.4 – Расчёт сцены освещения в Dialux

2. Вторым этапом является создание моделей мебели, также создание модели входной двери. Мебель – дерево разделено на три подкаталога:

- Файлы готовой мебели или самопроизведенной мебели. Здесь можно также занести в память мебель от других производителей в форме от SAT-файлы.
- Стандартные геометрические тела, как квадрат, призма и т.д.

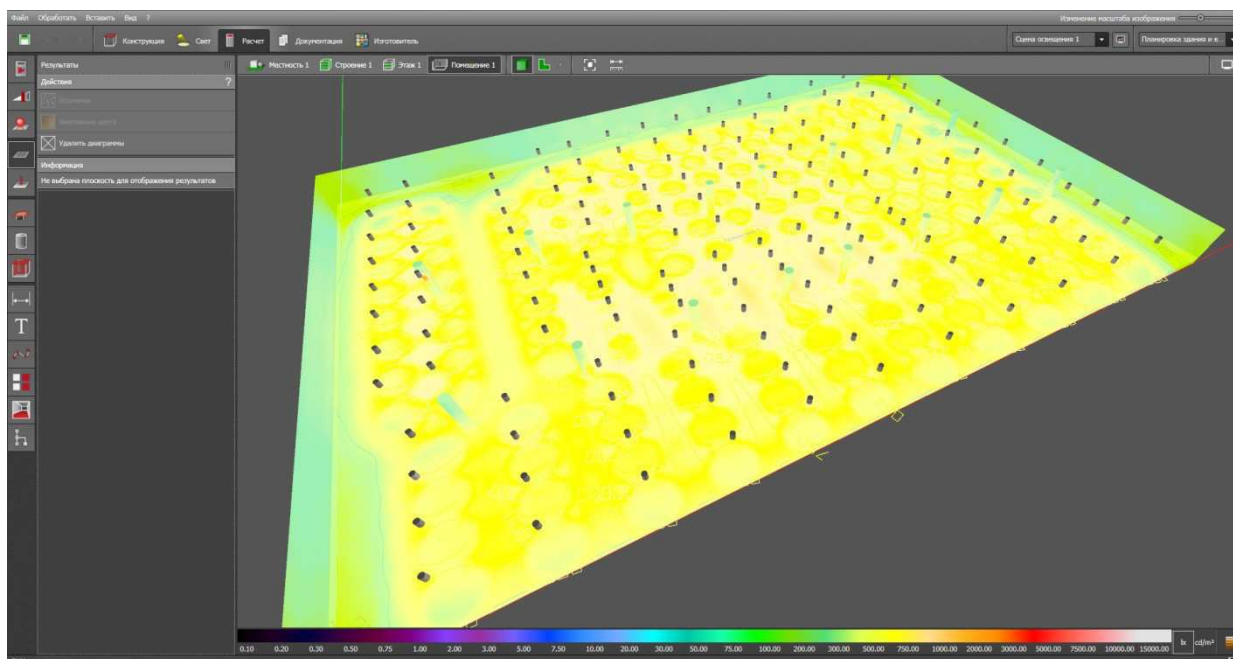


Рисунок 2.5 – Световая диаграмма с изолиниями

Из этого можно легко составлять новые объекты - это окна, двери, виртуальные поверхности расчета и элементы пола для наружной сцены. Объекты со специальными свойствами. В программе предусмотрена возможность внутри или вне помещения передвигать наличествующие объекты, поворачивать и маркировать, с помощью специального контекстного меню.

3. Третьим шагом является выбор текстуры поверхностей помещения и мебели, с помощью дерева текстуры. На данном этапе проектирования осуществляется выбор цвета, материала, коэффициентов отражения поверхностей мебели.

Текстурное дерево позволяет, аналогично как размещение мебели в помещении, изменять особенности плоскостей. Здесь находятся приведенные текстуры (картина поверхности), RAL-цвета, также здесь можно содержать свои собственные текстуры. В том случае, если текстура нанесена неправильно, ее можно корректировать.

4. Четвертым шагом является выбор светильников. Для этого существует отдельная структура-дерево. Пользователь имеет возможность

выбрать для себя светильники от различных производителей – plugins, с которыми он регулярно работает. Эти светильники можно удалять и сохранять в «Собственном банке данных».

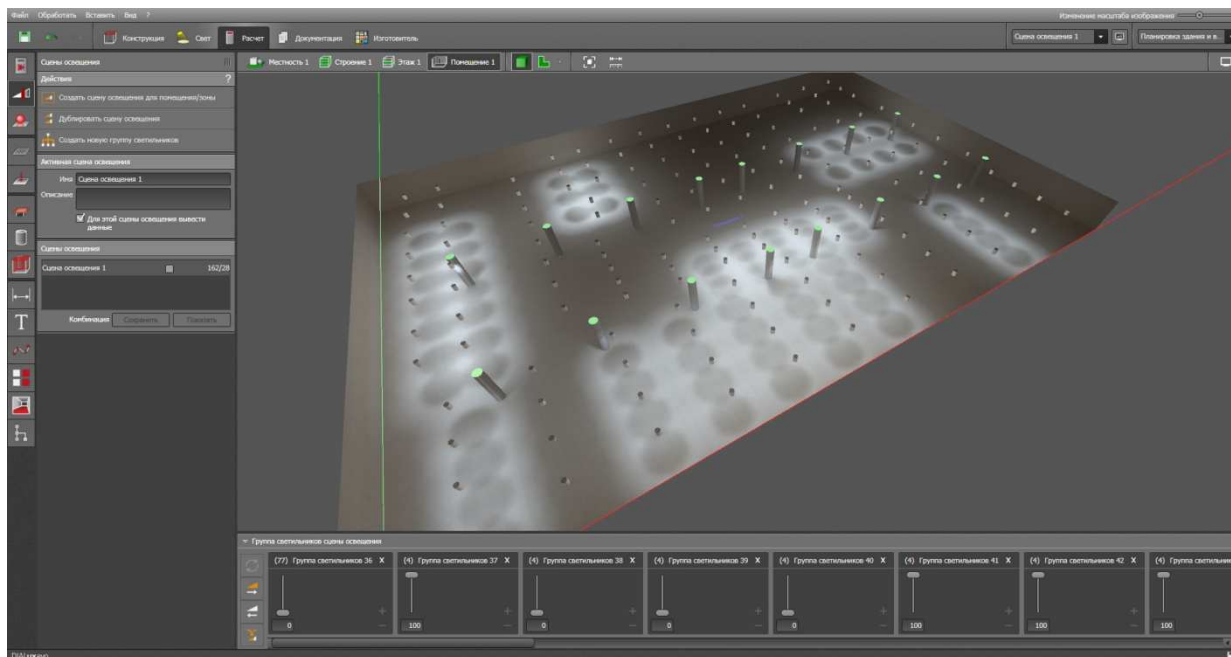


Рисунок 2.6 – Управление группами светильников и расчёт зон освещения

2.2 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок по силовым пунктам

Электроприемники цеха по производству блоков из газобетона разбиты на четыре группы по технологическому и географическому принципам. Электроприемники запитаны от четырех силовых распределительных пунктов СП-1, СП-2, СП-3, СП-4 как указано в таблицах 2.1 – 2.4 Расчет нагрузки цеха проведен согласно РТМ 36.18.32.4-92, согласно формулам 1.4 – 1.8. Расчеты сведены в таблицы 2.4 – 2.8.

Таблица 2.1 – Электроприемники, подключенные к СП 1

№ пп	Наименование	Кол-во ЭП	Мощность одного ЭП, кВт	Общая мощность, кВт	k_n	$\cos\phi$
1	Дозирование и смешивание	1	30	30	0,8	0,75
2-10	Вибрационная пластина	10	17,5	175	0,8	0,75
11	Рельсовая тележка	1	15	15	0,4	0,7

Таблица 2.2 – Электроприемники, подключенные к СП 2

№ пп	Наименование	Кол-во ЭП	Мощность одного ЭП, кВт	Общая мощность, кВт	k_n	$\cos\phi$
12	Толкатель форм.	1	32	32	0,9	0,75
13	Машина для смазки форм	1	2	2	0,5	0,8
14	Машина резки по толщине	1	56	56	0,9	0,75
15	Боковой триммер	1	26	26	0,6	0,8
16	Машина поперечной резки	1	10	10	0,5	0,75
17	Машина обработки формы	1	5	5	0,5	0,75
40	Прессовка пакетов	1	2	2	0,4	0,75
41	Система транспортировки пакетов	1	1,5	1,5	0,8	0,8
42	Укладочно-сортировочная машина	1	15	15	0,7	0,75
43	Машина для кантования	1	20	20	0,7	0,75

Таблица 2.3 – Электроприемники, подключенные к СП 3

№ пп	Наименование	Кол-во ЭП	Мощность одного ЭП, кВт	Общая мощность, кВт	k_n	$\cos\phi$
18	Подающее устройство автоклавных поддонов.	1	9	9	0,3	0,7
19-23	Подачи автоклавных тележек	5	15	75	0,3	0,75
24-28	Двери автоклава	5	1	5	0,3	0,8
29-34	Механизм для удаления нижнего слоя	5	8,5	42,5	0,3	0,85
35-39	Управление автоклавом	5	0,3	1,5	1	0,85

Таблица 2.3 – Электроприемники, подключенные к СП 4

№ пп	Наименование	Кол-во ЭП	Мощность одного ЭП, кВт	Общая мощность, кВт	k_n	$\cos\phi$
44	Котел	1	80	80	0,8	0,85
45	Машина вытяжки	1	25	25	0,9	0,7
46	Охладитель	1	50	50	0,8	0,7
47-48	Насосная технического водопровода	2	8	16	0,75	0,7
48-52	Вентиляция	5	14	70	0,9	0,8

Таблица 2.4 – Расчет нагрузки на СП-1

Исходные данные							Расчетные величины					Расчетная мощность			Расчетный ток, А
Наименование ЭП	n, шт.*	Номинальная мощность, кВт*		K _и	cos φ	tg φ	K _и P _н	K _и P _н tgφ	n p _н ²	n _э	K _р	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВ·А	
		одного ЭП p _н	общая P _н =np _н												
Дозирование и смешивание	1	30	30	0,8	0,75	0,66	24	15,87	900						
Вибрационная пластина	9	17,5	157,5	0,8	0,75	0,66	126	83,34	2756						
Рельсовая тележка	1	15	15	0,4	0,7	0,71	6	4,28	225						
Итого по СП –1			202,5	0,77			156	103,50	3881,3	10	1	156	113,85	193,13	293,77

Таблица 2.5 – Расчет нагрузки на СП-2

Исходные данные							Расчетные величины					Расчетная мощность			Расчетный ток, А
Наименование ЭП	n, шт.*	Номинальная мощность, кВт*		K _и	cos φ	tg φ	K _и P _н	K _и P _н tgφ	n p _н ²	n _э	K _р	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВ·А	
		одного ЭП p _н	общая P _н =np _н												
Толкатель форм.	1	32	32	0,9	0,75	0,88	28,80	25,40	1024						
Машина для смазки форм	1	2	2	0,5	0,8	0,75	1,00	0,75	4						
Машина резки по толщине	1	56	56	0,9	0,75	0,88	50,40	44,45	3136						
Боковой триммер	1	26	26	0,6	0,8	0,75	15,60	11,70	676						
Машина поперечной резки	1	10	10	0,5	0,75	0,88	5,00	4,41	100						
Машина обработки формы	1	5	5	0,5	0,75	0,88	2,50	2,20	25						
Прессовка пакетов	1	2	2	0,4	0,75	0,88	0,80	0,71	4						
Система транспортировки пакетов	1	1,5	1,5	0,8	0,8	0,75	1,20	0,90	2,25						
Укладочно-сортировочная машина	1	15	15	0,7	0,75	0,88	10,50	9,26	225						
Машина для кантования	1	20	20	0,7	0,75	0,88	14,00	12,35	400						
Итого по СП –2			169,5	0,77			129,80	112,12	5596,25	5	1,02	132,40	125,80	182,63	277,81

Таблица 2.6 – Расчет нагрузки на СП-3

Исходные данные				Расчетные величины							Расчетная мощность			Расчетный ток, А	
Наименование ЭП	n, шт.*	Номинальная мощность, кВт*		K_u	cos φ	tg φ	$K_u P_n$	$K_u P_n \text{tg} \varphi$	$n p_n^2$	n_Σ	K_p	P_p , кВт	Q_p , квар		S_p , кВ·А
		одного ЭП p_n	общая $P_n = n p_n$												
Подающее устройство автоклавных поддонов.	1	9	9	0,3	0,7	1,02	2,70	2,75	81						
Подачи автоклавных тележек	5	15	75	0,3	0,75	0,88	22,50	19,84	1125						
Двери автоклава	5	1	5	0,3	0,8	0,75	1,50	1,13	5						
Механизм для удаления нижнего слоя	5	8,5	42,5	0,3	0,85	0,62	12,75	7,90	361,25						
Управление автоклавом	5	0,3	1,5	1	0,85	0,62	1,50	0,93	0,45						
Итого по СП – 3	21		133	0,31	0,78		40,95	32,55	1572,7	11	1,1	45,05	35,81	57,54	87,53

Таблица 2.7 – Расчет нагрузки на СП-4

Исходные данные				Расчетные величины							Расчетная мощность			Расчетный ток, А	
Наименование ЭП	n, шт.*	Номинальная мощность, кВт*		K_u	cos φ	tg φ	$K_u P_n$	$K_u P_n \text{tg} \varphi$	$n p_n^2$	n_Σ	K_p	P_p , кВт	Q_p , квар		S_p , кВ·А
		одного ЭП p_n	общая $P_n = n p_n$												
Котел	1	80	80	0,8	0,85	0,62	64,00	39,66	6400						
Машина вытяжки	1	25	25	0,9	0,7	1,02	22,50	22,95	625						
Охладитель	1	50	50	0,8	0,7	1,02	40,00	40,81	2500						
Насосная технического водопровода	2	8	16	0,75	0,7	1,02	12,00	12,24	128						
Вентиляция	5	14	70	0,9	0,8	0,75	63,00	47,25	980						
Итого по СП – 4			241	0,84	0,78		201,50	162,92	10633	5	1	201,50	179,21	269,66	410,20

2.3 Расчет нагрузки на шинах ТП

При расчете мощности на шинах ТП необходимо учесть нагрузку освещения. Номинальную мощность осветительной установки других цехов определим по формуле (2.1)

$$P_{н.о.i} = P_{н.о.} \frac{F_i E_i}{F_1 E_1}, \quad (2.1)$$

где $P_{н.о.i}$ – номинальная мощность осветительной установки i -го цеха,

$P_{н.о.}$ – номинальная мощность осветительной установки основного цеха,

F_i – площадь расчетного цеха,

F_1 – площадь основного цеха,

E_i – норма освещенности расчетного цеха,

E_1 – норма освещенности основного цеха.

Расчетная нагрузка осветительных установок определяем по формуле (2.2):

$$P_{р.о.} = K_{с.о.} \cdot P_{н.о.}, \quad (2.2)$$

где $K_{с.о.}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки [8];

$P_{н.о.}$ – номинальная мощность осветительной установки, кВт.

Расчеты сведены в таблицу 2.8

Таблица 2.8 – Номинальная мощность осветительной установки цехов

№	Наименование цеха	Е, Лк	F _ц , м2	P _{н.о.} , кВт	K _{с.о}	P _{р.о.} , кВт
1	Цех по производству блоков из газобетона	200	1944	26,8	0,85	22,78
2	Цех приемки и подготовки сырьевых материалов	200	900	12,41	0,85	10,55
3	Цех помола золы	200	880	12,13	0,85	10,31
4	Цех производства сухих строительных смесей	200	280	3,86	0,85	3,28
5	Склад	120	1500	12,41	0,6	7,44
6	Административно–технический корпус	420	350	10,13	0,9	9,12
7	Освещение территории	4,5		6	0,6	3,60
Итого						67,08

Расчет нагрузки от цеха по производству блоков из газобетона сведем в таблицу 2.9.

Расчет нагрузки на шинах ТП от остальных цехов производится по укрупненным показателям, так как заданы суммарные установленные мощности электроприемников по цехам, но неизвестен их состав. Коэффициент использования K_и и мощности cosφ выбирается в соответствии с группой цеха и характером нагрузки, согласно [5]. Эффективное число электроприемников определим по формуле (2.3)

$$n_{\text{э}} = \frac{P_{\text{уст.}}}{P_{\text{max.э}}}, \quad (2.3)$$

где P_{max.э.} – максимальная мощность одного электроприемника, кВт.

Расчет электрических нагрузок силовых электроприемников по цехам на шинах ТП сведен в таблицу 2.10.

Таблица 2.9 – Расчет нагрузки электроприемников цеха по производству блоков из газобетона на шинах ТП

Исходные данные							Расчетные величины					Расчетная мощность			Расчетный ток, А
Наименование ЭП	n, шт.*	Номинальная мощность, кВт*		K _и	cos φ	tg φ	K _и P _н	K _и P _н tgφ	n p _н ²	n ₃	K _p	P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВ·А	
		одного ЭП p _н	общая P _н =np _н												
Дозирование и смешивание	1	30	30	0,8	0,75	0,88	24	21,17							
Вибрационная пластина	9	17,5	157,5	0,8	0,75	0,88	126	111,12							
Рельсовая тележка	1	15	15	0,4	0,7	1,02	6	6,12							
Толкатель форм.	1	32	32	0,9	0,75	0,88	28,8	25,40							
Машина для смазки форм	1	2	2	0,5	0,8	0,75	1	0,75							
Машина резки по толщине	1	56	56	0,9	0,75	0,88	50,4	44,45							
Боковой триммер	1	26	26	0,6	0,8	0,75	15,6	11,70							
Машина поперечной резки	1	10	10	0,5	0,75	0,88	5	4,41							
Машина обработки формы	1	5	5	0,5	0,75	0,88	2,5	2,20							
Прессовка пакетов	1	2	2	0,4	0,75	0,88	0,8	0,71							
Система транспортировки пакетов	1	1,5	1,5	0,8	0,8	0,75	1,2	0,90							
Укладочно-сортировочная машина	1	15	15	0,7	0,75	0,88	10,5	9,26							
Машина для кантования	1	20	20	0,7	0,75	0,88	14	12,35							
Подающее устройство автоклавных поддонов.	1	9	9	0,3	0,7	1,02	2,7	2,75							
Подачи автоклавных тележек	5	15	75	0,3	0,75	0,88	22,5	19,84							
Двери автоклава	5	1	5	0,3	0,8	0,75	1,5	1,13							
Механизм для удаления нижнего слоя	5	8,5	42,5	0,3	0,85	0,62	12,75	7,90							
Управление автоклавом	5	0,3	1,5	1	0,85	0,62	1,5	0,93							
Котел	1	80	80	0,8	0,85	0,62	64	39,66							
Машина вытяжки	1	25	25	0,9	0,7	1,02	22,5	22,95							
Охладитель	1	50	50	0,8	0,7	1,02	40	40,81							
Насосная технического водопровода	2	8	16	0,75	0,7	1,02	12	12,24							
Вентиляция	5	14	70	0,9	0,8	0,75	63	47,25							
Итого по цеху	52		746	0,71			528,25	446,01		18	0,9	475,43	401,41	622,22	946,48

Таблица 2.10 – Расчет нагрузок по цехам

№ цеха	Название цеха	P _{уст.} , кВт	P _{н.мах.} , кВт	n, шт	K _и	cosφ	tgφ	n _э , шт	K _р	Расчетная мощность			I _р , А
										P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВт·А	
1	Цех по производству блоков из газобетона	746	80	52	0,72	0,77	0,83	18	0,9	475,43	401,41	622,22	946,48
2	Цех приемки и подготовки сырьевых материалов	410	28	28	0,65	0,7	1,02	29	0,85	226,53	231,10	323,61	492,25
3	Цех помола золы	390	35	35	0,6	0,75	0,88	22	0,85	198,90	175,41	265,20	403,41
4	Цех производства сухих строительных смесей	288	41	36	0,7	0,8	0,75	14	0,9	181,44	136,08	226,80	345
5	Склад	22	4	35	0,3	0,8	0,75	11	0,85	5,61	4,21	7,01	10,67
6	Административно-технический корпус	80	8	75	0,7	0,85	0,62	20	0,9	50,40	31,24	59,29	90,19
Итого		1936			0,67	0,76	0,86	48	0,85	1106,55	950,79	1458,92	2219,23

Таким образом нагрузка на шинах ТП с учетом осветительной нагрузки составит представлена в таблице 2.11

Таблица 2.11 – Расчет нагрузки на шинах ТП с учетом освещения

Вид нагрузки	Расчетная мощность			I _р , А
	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВт·А	
Силовая	1106,55	950,79		
Осветительная	67,08	22,05		
Итого на шинах ТП	1173,63	972,839	1524,41	2318,85

2.4 Выбор источника питания и трансформаторной подстанции 10 кВ /0,4 кВ

Для электроснабжения предприятия от внешней сети необходимо определится с местом подключения к энергосистеме. В радиусе 1,5 км от предприятия находится два возможных источника питания характеристики которых представлены в таблице 2.12:

- п/ст «Промышленная»;
- п/ст «Рябково».

Таблица 2.12 – Сравнение источников питания

Наименование	Особенности	
п/ст «Промышленная»	+	- является узловой, обеспечивает любую категорию по надежности электроснабжения
	-	- удаленность, - сложная трасса КЛ (большее количество болот, мелких предприятий на пути трассы, пересечения с ВЛ), - износ оборудование.
п/ст «Рябково»	+	- близость, - современное оборудование, - наиболее простая трасса КЛ
	-	наличие водных преград по и ВЛ по трассе КЛ,

Исходя из этих данных наиболее оптимальным вариантом будет подключение к ЗРУ 10 кВ – п/ст «Рябково».

Так как на предприятии имеются потребители II категории надежности по электроснабжению, то трансформаторная подстанция 10/0,4 выбирается двухтрансформаторной. При выборе мощности трансформаторов необходимо учесть, что при отключении одного из трансформаторов или одной из питающих линий перегрузка не должна превысить 40%. Таким образом минимальная номинальная мощность трансформатора определяется согласно формулы (2.4)

$$S_{н.т.} = \frac{P_{рII}}{N \cdot \beta_{т.д}}, \quad (2.4)$$

где $P_{рII}$ – расчетная активная мощность нагрузки на шинах ТП;

N – число трансформаторов;

$\beta_{т.д.}$ – допустимый коэффициент загрузки трансформаторов.

$$S_{н.т.} = \frac{S_p}{N \cdot \beta_{т.д.}} = \frac{1106,55 - 5,61 - 50,4}{2 \cdot 0,7} = 750,4 \text{ кВА}$$

Выбираем два трансформатора ТМГ – 1000/10 Номинальной мощностью 1000 кВА.

Коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме работы составит

Максимальная реактивная мощность, которую могут пропустить трансформаторы составит:

$$Q_{\max} = \sqrt{(\beta NS_{\text{н.т.}})^2 - P_p^2} \sqrt{(0,7 \cdot 2 \cdot 1000)^2 - 1173,63^2} = 763,28 \text{ квар}$$

Необходимая мощность компенсирующих устройств

$$Q_{\text{к.у.}} = Q_p - Q_{\max} = 972,839 - 763,28 = 209,56 \text{ квар}$$

Выбираем на каждую шину НН ТП конденсаторную установку УКРМ-0,4-125-25 У3 мощностью 125 квар.

3 Практическая часть. Проектирование электроснабжения

3.1 Проектирование схемы внешнего электроснабжения

Схема электроснабжения должна быть проста, безопасна и удобна в эксплуатации, экономична, удовлетворять характеристике окружающей среды, обеспечивать применение промышленных методов монтажа.

Схема главных соединений. Согласно [1], электроснабжение потребителей II категории должно осуществляться от двух независимых взаиморезервируемых источников питания.

Согласно [4], внутрицеховые сети выполняются по радиальным магистральным и смешанным схемам. В проекте, рациональным будет использование радиальной схемы.

3.2 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор автоматических выключателей для защиты линий (к СП), питающих группу электроприемников, производим по следующим условиям [18]:

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \quad (3.1)$$

где U_a - номинальное напряжение автомата, В.

Все выбираемые автоматы рассчитаны на напряжение до 0,66 кВ.

б) по номинальному току:

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,1 \cdot I_M, \quad (3.2)$$

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

I_M - максимальный расчетный ток защищаемой линии.

Для защиты распределительных пунктов выбираем автоматы серий ВА 57 и ВА 47 [9] (таблицы 3.1 – 3.5).

Таблица 3.1 – Выбор автоматов для защиты СП

Наименование СП	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{\text{ном.а}}$, А	$I_{\text{ном.то}}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{\text{откл}}$, кА
СП-1	293,77	317,28	320	1250	ВА 57-39	40
СП-2	277,81	541,74	320	1250	ВА 57-39	40
СП-3	87,53	96,29	100	500	ВА 57-35	30
СП-4	410,20	451,22	500	2500	ВА 57-39	40

Таблица 3.2 – Выбор автоматов для защиты отходящих линий СП 1

Наименование СП	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Пиковый ток $I_{пик}$, А	K_o	$I_{ном.то}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$, кА
Дозирование и смешивание	64,90	71,39	80	259,61		500	ВА 57-35	25
Вибрационная пластина	3,80	4,18	5	19,01	10	50	ВА 47-29	4,5
Рельсовая тележка	113,58	124,94	125	454,31		500	ВА 57-35	35

Таблица 3.3 – Выбор автоматов для защиты отходящих линий СП 2

Наименование СП	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Пиковый ток $I_{пик}$, А	K_o	$I_{ном.то}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$, кА
Толкатель форм.	64,90	71,39	80			500	ВА 57-35	25
Машина для смазки форм	3,80	4,18	5	26,62	10	50	ВА 47-29	4,5
Машина резки по толщине	113,58	124,94	125	681,47		500	ВА 57-35	35
Боковой триммер	49,44	54,38	63	346,06	10	630	ВА 47-29	4,5
Машина поперечной резки	20,28	22,31	25	141,97	10	250	ВА 47-29	4,5
Машина обработки формы	10,14	11,16	13	70,99	10	130	ВА 47-29	4,5
Прессовка пакетов	4,06	4,46	5	24,34	10	50	ВА 47-29	4,5
Система транспортировки пакетов	2,85	3,14	4	17,11	10	40	ВА 47-29	4,5
Укладочно-сортировочная машина	30,42	33,47	40	182,54	10	400	ВА 47-29	4,5
Машина для кантования	40,56	44,62	50	243,38	10	500	ВА 47-29	4,5

Таблица 3.4 – Выбор автоматов для защиты отходящих линий СП 3

Наименование СП	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Пиковый ток $I_{пик}$, А	K_o	$I_{ном.то}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$, кА
Подающее устройство автоклавных поддонов.	19,56	21,51	25	117,35	10	250	ВА 47-29	4,5
Подачи автоклавных тележек	30,42	33,47	40	182,54	10	400	ВА 47-29	5,5
Двери автоклава	1,90	2,09	2,5	11,41	10	25	ВА 47-29	6,5
Механизм для удаления нижнего слоя	15,21	16,73	20	91,27	10	200	ВА 47-29	7,5
Управление автоклавом	0,54	0,59	1	0,54	5	5	ВА 47-29	8,5

Таблица 3.5 – Выбор автоматов для защиты отходящих линий СП 4

Наименование СП	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Пиковый ток $I_{пик}$, А	K_o	$I_{ном.то}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$, кА
Котел	143,17	157,48	25	143,17	5	125	ВА 47-29	4,5
Машина вытяжки	54,33	59,76	63	325,96	10	630	ВА 47-29	4,5
Охладитель	108,65	119,52	125	651,92		500	ВА 57-35	35
Насосная техническая водопровода	17,38	19,12	25	104,31	10	250	ВА 47-29	4,5
Вентиляция	26,62	29,28	32	106,48	10	320	ВА 47-29	4,5

В качестве вводного и секционного автоматов на подстанции выбираем автоматы серии ВА-45 [9], так как им приходится пропускать большие токи нагрузки и отключать токи, близкие к КЗ (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Выбор вводного и секционного автоматов на КТП

Наименование автомата на НН ТП	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Ном. ток авт. $I_{ном.а}$, А	$I_{ном.то}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$, кА
Вводной	2130	2343	2500	10000-20000	ВА-45 EKF PROxima	100
Секционный	1065	1171,5	1250	2500-62500	ВА-450 EKF PROxima	55

3.3 Выбор кабельно-проводниковой продукции

Для питания отдельных электроприемников применяем кабели марки АВВГ [5]. Проводники для линий к отдельным электроприемникам выбираются с учетом соответствия аппарату защиты согласно условиям [18]:

$$I_{пр} \geq I_p, \quad (3.3)$$

$$I_{пр} \geq K_{зщ} \cdot I_{ном.а}, \quad (3.4)$$

где $K_{зщ} = 1$ – поправочный коэффициент защиты (для невзрыво- и непожароопасных помещений);

$I_{ном.а}$ – номинальный ток автомата, А .

Выбор сечений проводов и кабельных линий приведен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Выбор сечений кабельных линий

№ ЭП	$I_{н.ав.}, A$	Допустимый ток кабеля, A	Сечение основной жилы $S, мм^2$	Марка, сечение провода (кабеля)
1	80	82	25	АВВГнг 5х25
2-10	40	47	10	АВВГнг 5х10
11	40	47	10	АВВГнг 5х10
12	80	82	25	АВВГнг 5х25
13	5	27	4	АВВГнг 5х4
14	125	126	50	АВВГнг 5х50
15	63	82	25	АВВГнг 5х25
16	25	27	4	АВВГнг 5х4
17	13	27	4	АВВГнг 5х4
18	25	27	4	АВВГнг 5х4
19-23	40	47	10	АВВГнг 5х10
24-28	2,5	27	4	АВВГнг 5х4
29-34	20	27	4	АВВГнг 5х4
35-39	1	27	4	АВВГнг 5х4
40	25	27	4	АВВГнг 5х4
41	63	82	25	АВВГнг 5х25
42	125	126	50	АВВГнг 5х50
43	25	27	4	АВВГнг 5х4
44	25	27	4	АВВГнг 5х4
45	63	82	25	АВВГнг 5х25
46	125	126	50	АВВГнг 5х50
47-48	25	27	4	АВВГнг 5х4
48-52	32	34	6	АВВГнг 5х6

Таблица 3.8 – Выбор сечений кабельных линий к СП

№ СП	$I_{н.ав.}, A$	Допустимый ток кабеля, A	Сечение основной жилы $S, мм^2$	Марка, сечение провода (кабеля)
СП1	320	343	240	АВВГнг 5х240
СП2	320	343	240	АВВГнг 5х240
СП3	100	101	35	АВВГнг 5х35
СП4	500	2х255	2х95	2хВВГнг 5х95

3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

Токи короткого замыкания (КЗ) рассчитываются для выбора и проверки аппаратов и токоведущих частей на термическую и динамическую стойкость, для выбора, при необходимости, устройств по ограничению этих токов, а также для выбора и оценки устройств релейной защиты. Для проверки автоматов на отключающую способность необходимо рассчитать ток трехфазного короткого замыкания. Для определения чувствительности

автоматов к токам КЗ необходимо рассчитать минимальные значения токов КЗ, а именно токи однофазного КЗ.

В данном разделе произведем расчет токов КЗ для стороны 0,4 кВ. Расчет ведем согласно [18], при расчетах КЗ в электроустановках до 1 кВ необходимо учитывать:

- индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи, включая силовые трансформаторы, проводники, трансформаторы тока, токовые катушки автоматических выключателей;
- активные сопротивления элементов короткозамкнутой цепи;
- активные сопротивления различных контактов и контактных соединений;
- значения параметров синхронных и асинхронных электродвигателей, непосредственно примыкающих к месту КЗ.

При расчетах токов КЗ допускается:

- максимально упрощать и эквивалентировать всю внешнюю сеть по отношению к месту КЗ;
- не учитывать ток намагничивания трансформаторов;
- расчетное напряжение каждой ступени схемы электроснабжения принимается по шкале среднономинальных значений напряжений.

Расчет трехфазного КЗ сведен в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет токов трехфазного КЗ

точка КЗ	Т-р		QF1		QF2		Линия к ВРУ					QF3		Rрез	Xрез	Ikз, кА	Iоткл, кА
	Rт, МОм	Xт, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	R0л, МОм/м	X0л, МОм/м	L, м	Rл, МОм	Xл, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм				
СП1	1,95	10,22	0,11	0,05	0,55	0,1	0,122	0,075	25	3,05	1,88	0,55	0,1	6,21	12,35	16,73	40
СП2	1,95	10,22	0,11	0,05	0,55	0,1	0,122	0,075	28	3,05	1,88	0,55	0,1	6,21	12,35	16,73	40
СП3	1,95	10,22	0,11	0,05	2,05	0,85	0,840	0,081	102	3,05	1,88	2,05	0,85	9,21	13,85	13,90	30
СП4	1,95	10,22	0,11	0,05	0,37	0,08	0,094	0,039	92	3,05	1,88	0,37	0,08	5,85	12,31	16,96	40

Как видно из таблицы 3.9 ток КЗ ниже отключающей способности выключателя.

При расчете однофазного тока КЗ учитываются сопротивления прямой и нулевой последовательностей. Расчет сопротивлений нулевой последовательности сведен в таблицу 3.10

Расчет сопротивлений нулевой последовательности и однофазного тока КЗ сведен в таблицу 3.11

Равнение токов однофазного КЗ с токами отсечки автоматов показало, что ток отсечки автомата ниже тока однофазного КЗ, значит проверка на чувствительность автоматов пройдена.

Таблица 3.10 – Расчет сопротивлений нулевой последовательности

точка КЗ	Т-р		QF1		QF2		Линия к СП					QF1		QF2		Линия к ЭП					Rрез	Xрез	
	Rт, МОм	Xт, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	R0л, МОм/м	X0л, МОм/м	L, м	Rл, МОм	Xл, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	R0л	X0л	L	Rл, МОм	Xл, МОм			
СП1	1,95	10,22	0,11	0,05	0,55	0,10	0,122	0,075	25	3,05	1,88	0,55	0,10									6,21	12,35
СП2	1,95	10,22	0,11	0,05	0,55	0,10	0,122	0,075	28	3,42	2,10	0,55	0,1									6,58	12,57
СП3	1,95	10,22	0,11	0,05	2,05	0,85	0,840	0,081	102	85,68	8,26	2,05	0,9									91,84	20,23
СП4	1,95	10,22	0,11	0,05	0,37	0,08	0,094	0,039	92	8,60	3,54	0,37	0,1									11,40	13,98
ЭП1	1,95	10,22	0,11	0,05	0,55	0,1	0,122	0,075	25	3,05	1,88	0,55	0,1	3,35	1,3	1,176	0,085	30	35,28	2,55	44,84	16,20	
ЭП2	1,95	10,22	0,11	0,05	0,55	0,1	0,122	0,075	28	3,42	2,10	0,55	0,1	6,8	2,7	2,94	0,092	25	73,50	2,30	86,88	17,57	
ЭП 13	1,95	10,22	0,11	0,05	2,05	0,85	0,840	0,081	25	21,00	2,03	2,05	0,9	70	140	7,35	0,099	25	183,75	2,48	280,91	156,47	
ЭП 14	1,95	10,22	0,11	0,05	0,55	0,10	0,122	0,075	25	3,05	1,88	0,55	0,1	1,39	0,55	0,588	0,080	32	18,82	2,56	26,42	15,46	
ЭП 18	1,95	10,22	0,11	0,05	2,05	0,85	0,840	0,081	102	85,68	8,26	2,05	0,9	10	10	7,35	0,099	19	139,65	1,88	241,49	32,11	
ЭП19	1,95	10,22	0,11	0,05	2,05	0,85	0,840	0,081	102	85,68	8,26	2,05	0,9	6,8	2,7	2,94	0,092	48	141,12	4,42	239,76	27,35	
ЭП44	1,95	10,22	0,11	0,05	0,37	0,08	0,094	0,039	92	8,60	3,54	0,37	0,1	10	10	7,35	0,099	17	124,95	1,68	146,35	25,66	
ЭП47	1,95	10,22	0,11	0,05	0,37	0,08	0,094	0,039	92	8,60	3,54	0,37	0,1	10	10	7,35	0,099	26	191,1	2,57	212,50	26,55	

Таблица 3.10 – Расчет сопротивлений нулевой последовательности и однофазного тока КЗ

точка КЗ	Т-р		QF1		QF2		Линия к СП					QF1		QF2		Линия к ЭП					Rрез0	Xрез0	Iкз, кА
	Rт, МОм	Xт, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	R0л, МОм/м	X0л, МОм/м	L, м	Rл, МОм	Xл, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	Rq, МОм	Xq, МОм	R0л, МОм/м	X0л, МОм/м	L	Rл, МОм	Xл, МОм			
СП1	16,70	53,10	0,11	0,05	0,55	0,1	0,49	0,360	25	12,2	9	0,55	0,10								30,11	62,35	7,14
СП2	16,70	53,10	0,11	0,05	0,55	0,1	0,49	0,36	28	14	10	0,55	0,10								31,57	63,43	6,97
СП3	16,70	53,10	0,11	0,05	2,05	0,85	3,36	0,36	102	343	37	2,05	0,85								363,63	91,57	1,23
СП4	16,70	53,10	0,11	0,05	0,37	0,08	0,37	0,36	92	34	33	0,37	0,08								51,96	86,44	5,06
ЭП1	16,70	53,10	0,11	0,05	0,55	0,1	0,49	0,36	25	12	9	0,55	0,10	3,35	1,3	4,704	0,340	30	141,12	10,2	174,58	73,85	2,43
ЭП2	16,70	53,10	0,11	0,05	0,55	0,1	0,49	0,36	25	12	9	0,55	0,10	6,8	2,7	11,76	0,368	25	294	9,2	330,91	74,25	1,34
ЭП 13	16,70	53,10	0,11	0,05	0,55	0,1	3,36	0,36	28	94	10	0,55	0,10	70	140	29,4	0,396	25	735	9,9	916,99	213,33	0,44
ЭП 14	16,70	53,10	0,11	0,05	0,55	0,1	0,49	0,36	28	14	10	0,55	0,10	1,39	0,55	2,352	0,320	32	75,264	10,2	108,23	74,22	3,60
ЭП 18	16,70	53,10	0,11	0,05	2,05	0,85	3,36	0,36	102	343	37	2,05	0,85	10	10	29,4	0,396	19	558,6	7,52	932,23	109,09	0,49
ЭП19	16,70	53,10	0,11	0,05	2,05	0,85	3,36	0,36	102	343	37	2,05	0,85	6,8	2,7	11,76	0,368	48	564,48	17,7	934,91	111,93	0,49
ЭП44	16,70	53,10	0,11	0,05	0,37	0,08	0,37	0,36	92	34	33	0,37	0,08	10	10	29,4	0,396	17	499,8	6,73	561,76	103,17	0,80
ЭП47	16,70	53,10	0,11	0,05	0,37	0,08	0,37	0,36	92	34	33	0,37	0,08	10	10	29,4	0,396	26	764,4	10,3	826,36	106,73	0,55

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был разработан проект электроснабжения промышленного предприятия «Параблок».

Местом подключения к внешней энергосистеме была выбрана подстанция «Рябково» 110/10 кВ, такое решение было принято в виду малой удаленности от предприятия, а также тот факт, что на данной подстанции установлено современное оборудование, что обеспечивает надежность в электроснабжении.

В проекте были рассчитаны нагрузки цехов предприятия, произведен расчет рабочего освещения. Расчет искусственного освещения производился в программном комплексе «Dialux». Преимущество расчета освещения с применением компьютерных технологий над ручным способом расчета – это быстрота и наглядность расчетов. Выбраны питающие линии для цеховых электроприемников, питающие линии для цехов и коммутационно-защитные аппараты.

В проекте также были рассчитаны токи короткого замыкания, на основании которых произведена проверка коммутационно-защитных аппаратов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Блок, В. М. Электрические сети и системы / В. М. Блок. – М.: Высшая школа, 2012. – 430 с.
- 2 М.А. Беркович, В.А. Гладышев, В.А. Семенов. Автоматика энергосистем. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 238 с.
- 3 Глазунов, А. А. Электрические сети и системы: учебник / А.А. Глазунов, А. А. Глазунов. – М.: Госэнергоиздат, 2010. – 368 с.
- 4 ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200104301>
- 5 Группа компаний «Севкабель». Каталог продукции. 2011.
- 6 Кудрин Б.И., Прокопчик В.В. Электроснабжение промышленных предприятий. – Минск: Высшая школа, 1988. – 359 с.
- 7 Каталог продукции международной группы компаний «Световые технологии». 2012.
- 8 Комплектные распределительные устройства КРУ D – 12P. Руководство по эксплуатации. Российская группа компаний «Таврида электрик». 2011.
- 9 Правила устройства электроустановок ПУЭ. 7-е изд., переработанное и дополненное – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 640 с.
- 10 СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- 11 РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования
- 12 Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
- 13 Справочник по проектированию электроснабжения. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др.-М.: Энергоатомиздат, 1990.-576 с.
- 14 Тольятинский трансформатор. Номенклатурный каталог. 2011.

15 .ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы классификацию.

16 СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция, кондиционирование.

17 . Ежков, В. В. Энергетические системы и сети в примерах и иллюстрациях: учебное пособие для энергетических специальностей / В. В. Ежков, Г.К. Зарудский, Е. Н. Зуев и др.; под ред. В. А. Строева. – М.: Высшая школа, 2009. – 352 с.

18 Расчет электрических нагрузок в системах электроснабжения: Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 100400 «Электроснабжение (по отраслям)» всех форм обучения / сост. Н. В. Дулесова. – Красноярск, 2012. - 28 с.

19 Трехполюсные автоматические выключатели серии ВА57 // КЭАЗ [эл. ресурс] – режим доступа : <http://optivolt.ru/d/33208/d/katalog-va57-keaz.pdf>

20 Автоматические выключатели. Технические характеристики ВА47 29 // Интернет-магазин электрики shop220 [эл. ресурс] – режим доступа : <https://shop220.ru/pdf/?id=990>

21 Выключатель автоматический ВА-45 3200/2500А 3Р 80кА выкаткой ЕКФ PROxima // ЕКФ [сайт] – режим доступа : <https://ekfgroup.com/catalog/products/vyklyuchatel-avtomaticheskij-va-45-32002500a-3p-80ka-vykatnoy-ekf-proxima>

22 Автоматический выключатель ВА-450 1600/1250А 3Р 55кА стационарный ЕКФ // ЕКФ [сайт] – режим доступа : <https://ekfgroup.com/catalog/products/avtomaticheskij-vyklyuchatel-va-450-16001250a-3p-55ka-statsionarnyy-ekf>

23 Короткие замыкания и выбор оборудования : учебн. пособие для вузов / И. П. Крючков, В. А. Старшинов, Ю. П. Гусев и др. – М. : Издательский дом МЭИ, 2012. – 568 с.

24 Каталог продукции для прокладки кабелей IEK // IEK [сайт] https://www.iek.ru/products/catalog/sistemy_dlya_prokladki_kabelya/

25 Каталог кабельной продукции Энергокабель // Энергокабель [сайт]
<http://www.energokab.ru/katalog/>

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 Г.Н.Чистяков

подпись инициалы, фамилия

«22» 06 2019г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(код и наименование специальности)

Электроснабжение цеха по производству блоков из газобетона

ООО «Пораблок», г. Курган

(наименование темы)

Руководитель

Коловский

подпись

21.06.19

дата

доцент каф.ЭЭ,к.т.н А.В.Коловский

должность, ученая степень

инициалы, фамилия

Выпускник

Елешина

подпись

21.06.19.

дата

А.В.Елешина

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

Кычакова

подпись

22.06.19

дата

И.А.Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2019