

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

«Допущен к защите»  
Заведующий кафедрой ЭПП  
Бакенов К.А. к.т.н., доцент  
(Ф.И.О., ученая степень, звание)  
«    » 2014 г.  
(подпись)

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

На тему: Электроснабжение нефтеперерабатывающего завода

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Выполнил (а) Чуев С.В. Эсн-10  
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Банченко Ю.И.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
«    » 20 г.  
(подпись)

Консультанты:

по экономической части:

Жакупов А.А., к.э.н., профессор  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
«2» «    » 2014 г.  
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Мананбаева С.Е., старший преподаватель  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
«04» мая 2014 г.  
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Банченко Ю.И.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
«    » 20 г.  
(подпись)

Нормоконтролер: Казанина И.В., к.т.н., доцент  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
«    » 20 г.  
(подпись)

Рецензент: Цепуштанова О.В.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
«    » 20 г.  
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Заочного обучения и переподготовки специалистов  
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика  
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Чев Сергей Викторович  
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Электроснабжение нефтеперерабатывающего завода

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы «25» мая 2014 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта Генеральный план нефтеперерабатывающего завода. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы мощностью 600 МВА, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37кВ (трансформаторы работают отдельно). Мощность к.з. на стороне 230 кВ трансформаторов равна 1800 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 17 км. Завод работает в три смены.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Расчет электрических нагрузок на 0,4 и 10 кВ. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ. Сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения. Расчет токов короткого замыкания и выбор высоковольтного электрооборудования. Рассмотрение вопросов безопасности жизнедеятельности. Рассмотрение экономических вопросов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Генеральный план нефтеперерабатывающего завода.

Однолинейная схема электроснабжения нефтеперерабатывающего завода.

План и разрез ГПП.

---

---

---

---

Рекомендуемая основная литература

Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. – М.: «Кнорус», 2011.

Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. – М.: «ИД ФОРУМ-ИНФРА-М», 2010.

Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: «Форум-Инфра-М», 2009.

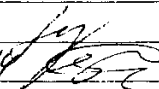
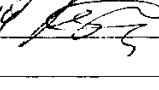
Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.

Правила устройства электроустановок РК. – Алматы, 2007.

Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин, В.Л. Латин, Н.Л. Пономарев, Н.Н. Сердюк-М: «высшая школа» 2002.

Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономическая часть	к.э.н., проф. Жакупов А.А.	2.06.14	
БЖД	ст.пр. Мананбаева С.Е.	30.04 - 4.06.14	
Применение ВТ	Банченко Ю.И.		

## **Аннотация**

В дипломном проекте на тему «Электроснабжение нефтеперерабатывающего завода» было произведено проектирование системы электроснабжения завода. Производится расчет электрических, осветительной нагрузок, выбор числа цеховых трансформаторов, сравниваются варианты схем внешнего электроснабжения.

Рассматривается вопрос проектирования светотехнической установки цеха.

Производится экономический расчет и рассматриваются вопросы безопасности жизнедеятельности.

## **Аңдатпа**

Айтылмыш дипломдық жобада «Мұнай өңдеушінің зауыттың электрмен жабдықтау» тақырыбы бойынша ағаш өндіру зауыттың электр мен жабдықтау есебі жасалды. Электр жүктемелері қарастырылады, трансформаторлардың саны, сыртқы электр жабдықтау варианттары салыстырылады.

Цехтың нұрдың техникалық қондырғысының жобала сұрағы қарастырылады.

Экономикалық есеп өндіріледі және тіршілік әрекетінің қауіпсіздігінің сұрақтары қарастырылады.

## **Summary**

In this thesis project on the theme of "Power supply oil-processing plant" was produced by the design of the system power supply of timber plant. We consider the calculation of electrical loads, calculation of lighting load, the choice of the number of shop transformers, compared options schemes of external power supply.

The question of planning of the light technical setting of workshop is examined.

Economic calculation is performed and discussed issues of life safety.

## Содержание

Введение	7
1 Проектирование электроснабжения нефтеперерабатывающего завода	8
1.1 Технологический процесс производства	8
1.2 Исходные данные	12
1.3 Расчет силовой и осветительной нагрузки	13
1.4 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ	19
1.5 Расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ	21
1.6 Сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения	27
1.7 Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $U=10\text{кВ}$	39
2 Проектирование светотехнической установки механического цеха	52
2.1 Выбор источников света	52
2.2 Выбор вида и системы освещения	52
2.3 Выбор освещенности и коэффициента запаса	53
2.4 Выбор типа светильников и размещение светильников	54
2.5 Расчет мощности осветительной установки	54
2.6 Расчет осветительной установки с помощью специальной программы DIALux	64
2.7 Электротехнический расчет	68
3 Безопасность жизнедеятельности	72
3.1 Разработка мероприятий по улучшению условий труда в механическом цехе	72
3.2 Разработка вопросов пожарной безопасности	78
3.3 Разработка вопросов электробезопасности низковольтного электрооборудования (расчет зануления)	80
4 Экономическая часть	83
4.1 Цели разработки проекта	83
4.2 План производства	83
4.3 Расчет технико-экономических показателей подстанции	84
4.4 Чистая приведенная стоимость	89
Заключение	90
Список литературы	91
Приложение А Применение вычислительной техники	92

## Введение

Электроэнергия применяется буквально во всех отраслях народного хозяйства, особенно для электропривода различных механизмов, а в последние годы и для различных электротехнологических установок, в первую очередь для электротермических и электросварочных установок, электролиза, электроискровой и электрозвуковой обработки материалов, электроокраски. Большую группу электроприемников составляют приводы общепромышленных механизмов, применяемые во всех отраслях народного хозяйства: подъемно-транспортные машины, поточно-транспортные системы, компрессоры, насосы, вентиляторы.

В настоящее время быстрыми темпами развивается производство для цветной металлургии крупных электрических машин и электромашин малой мощности, электрической аппаратуры напряжением до 1000 В и выше 1000В.

Для обеспечения подачи электроэнергии в необходимом количестве и соответствующего качества от энергосистем промышленным объектам, установкам, устройствам и механизмам служат системы электроснабжения промышленных предприятий, состоящие из сетей напряжением до 1000В и выше и трансформаторных, преобразовательных и распределительных подстанций. Передача, распределение и потребление выработанной энергии на промышленных предприятиях должны производиться с высокой экономичностью и надежностью. Для обеспечения этого энергетиками создана надежная и экономичная система распределения электроэнергии на всех ступенях применяемого напряжения с максимальным приближением высокого напряжения к потребителям.

Потребители электрической энергии имеют свои специфические особенности, чем и обусловлены определенные требования электроснабжению - надежность питания, качество электроэнергии, резервирование и защита отдельных элементов. При проектировании сооружений и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий необходимо правильно в технико-экономическом аспекте осуществлять выбор напряжений, определять электрические нагрузки, выбирать типаж, число и мощность трансформаторных подстанций, виды их защит, системы компенсации реактивной мощности и способы регулирования напряжения.

Целью дипломного проекта спроектировать систему электроснабжения нефтеперерабатывающего завода.

Задачи дипломного проекта: определить электрические нагрузки по цехам завода, выбрать цеховые трансформаторы, выбрать схему электроснабжения предприятия, выбрать высоковольтное оборудование, спроектировать светотехническую установку цеха, рассмотреть вопросы по экономической части и безопасности жизнедеятельности.

# 1 Проектирование электроснабжения нефтеперерабатывающего завода

## 1.1 Технологический процесс производства

Добыча и подготовка нефти к переработке.

Нефть просачивается через рыхлые породы, задерживается в складках или сдвигах плотных пород и формируется в залежи. Для ее добычи бурятся скважины, глубина которых обычно достигает 1÷2 тыс. м; глубинное же бурение производится на 3÷4 и даже 5 тыс. м. В основном применяется турбинное бурение нефтяных скважин.

Добыча нефти осуществляется двумя способами: фонтанным и глубинно-насосным.

При фонтанном способе добычи нефти под пластовым давлением до 40 МПа поднимается к устью скважины и через специальную аппаратуру высокого давления поступает на очистку, а затем в герметизированные емкости или нефтепроводы. При глубинно-насосном способе на дно скважины опускается специальный насос, который подает нефть к устью скважины.

Фонтанный способ добычи нефти применим только в начальный период существования скважин, когда давление в пласте достаточно высокое. Он производителен (20÷40 т в сутки) и дешев. По мере истощения залежи, давление в пласте падает и скважину переводят на глубинно-насосный способ добычи, при этом добыча скважины снижается приблизительно в 8 раз (до 3÷5 т в сутки). Поэтому при эксплуатации залежи стремятся как можно дольше поддерживать высокое давление в пласте, применяя закачку в пласт газа или воды, а также гидравлический разрыв пласта и др.

Получаемая из скважин нефть содержит примеси, воду (10÷20%), растворенные в ней соли, частицы породы (3÷5%), а также газообразные фракции углеводородов – попутных газов. (1÷4%).

Попутные газы, находящиеся в нефти в растворенном состоянии, при атмосферном давлении интенсивно испаряются, увлекая и часть низкокипящих фракций. Для предотвращения потерь этих фракций, а также самих газов нефть, выходящая из скважины, направляется в специальные испарители – трапы, где и происходит отделение газов. Попутный газ либо утилизируется (используется как топливо), либо отправляется на химическую переработку.

Вода находится в нефти в свободном состоянии или в виде капелек размером 0,1÷0,01 мм, заключенных в оболочку из смолистых или маслянистых веществ – эмульгаторов.

Свободная вода отделяется от нефти в отстойниках вместе с механическими примесями. Для разрушения мелких капелек воды на нефть воздействуют переменным электрическим полем в специальных аппаратах – электродегидрататорах. Внутри электродегидрататора имеются сетки, образующие обкладки конденсатора между которыми создается переменное

электрическое поле. Напряжение на сетках – 30÷40 кВ. Эмульсия подается между сетками. Попадая в переменное электрическое поле высокого напряжения, капельки соленой воды, являющейся электропроводником, начинают интенсивно колебаться и в результате столкновения сливаются в более крупные капли, которые опускаются сквозь сетки вниз. Соленая вода отстаивается на дне аппарата и сливается. Обезвоженная нефть поднимается сквозь верхние сетки и выводится из верхней секции аппарата.

Прямая перегонка нефти.

Процесс перегонки основан на явлениях испарения и конденсации смеси веществ с различными температурами кипения.

Кипение смеси начинается при температуре, равной средней температуре кипения составных частей. При этом в парообразную фазу преимущественно переходят низкокипящие компоненты, а в жидкой остается высококипящие. Если образовавшуюся парообразную фазу отвести и охладить из нее конденсируется жидкая фаза. В эту фазу перейдут преимущественно высококипящие компоненты, а парообразной фазе останутся преимущественно легкие компоненты.

За счет однократных, либо многократных процессов кипения и конденсации полученных фракций можно добиться достаточно полного разделения низко- и высококипящих компонентов. Такой перегонка позволяет разделить нефть на фракции по температурам их кипения.

Технологический процесс перегонки состоит из четырех операций: нагрева смеси, испарения, конденсации и охлаждения полученных фракций.

Крекинг нефтепродуктов.

Сравнительно малый выход бензина при прямой перегонки нефти обусловил необходимость разработки метода получения легких фракций из тяжелого внедрения крекинг-процесса.

Крекинг (расщепление, разрушение) нефтепродуктов заключается в расщеплении длинных молекул тяжелых углеводородов, входящих в высококипящие фракции на более короткие молекулы легких, низкокипящих продуктов. Например, при расщеплении молекул цетана  $C_{16}H_{34}$ , который после перегонки нефти входит в состав газойля или мазута, образуется молекула октана  $C_8H_{18}$ , входящего в бензиновые фракции.

Главным фактором, вызывающим разрушение молекул углеводородов, является температура. Необходимая температура крекинга зависит от длины и строения молекул. Например, расщепление длинных молекул, как правило, происходит при более низкой температуре. Скорость и полнота крекинга определяются также продолжительностью выдержки веществ. Чем выше температура выдержки и больше ее продолжительность, тем полнее идет процесс и выше выход продуктов крекинга. С повышением температуры крекинга изменяется и состав его продуктов (увеличивается выход газов).

При очень высоких температурах происходит отщепление от молекул углеводородов атомов водорода – дегидрирование. В ряде случаев оно сопровождается циклизацией, т.е. замыканием линейных молекул в кольца, изомеризацией, изменением расположения атомов в молекуле.



Большое влияние на ход и направление процесса крекинга оказывают катализаторы. При соответствующем подборе катализатора можно проводить реакцию при меньших температурах, обеспечивая получение необходимых веществ и увеличения выхода продуктов.

Термический крекинг – наиболее распространенный вид переработки нефтепродуктов. Чаще всего его ведут под высоким давлением (температура 450÷500 °С и давления 2÷7 МПа), т.е. в жидкой фазе. Основной целью термического крекинга является получение светлых топлив из мазута или нефтяных остатков – гудрона или полугудрона.

Исходное сырье нагревается в трубчатой печи, где 2/3 его подвергаются крекингу. Смесь продуктов крекинга и не прореагировавшего сырья проходит через исправитель, в котором отделяется крекинг-остаток, т.е. вещества не поддающиеся крекингу. Легкие продукты поступают в ректификационную колонну на разделение.

При термическом крекинге мазута примерный выход продуктов следующий: крекинг-бензина – 30÷35%, крекинг-газов - 10÷15%, крекинг-остатка - 50÷55%.

Бензины термического крекинга представляют смесь предельных углеводородов и непредельных (30÷40%), вследствие чего они химически и физически нестабильны, что значительно снижает их ценность. Применяются крекинг-бензины как компоненты автомобильных бензинов.

Крекинг-газы являются смесью газообразных предельных и непредельных углеводородов (C<sub>2</sub> – C<sub>4</sub>). Используются они как топливо или как сырье для синтеза органических соединений.

Крекинг-остаток – смесь в основном смолистых и асфальтовых веществ, а также не прореагировавшего сырья. Применяется крекинг-остаток как котельное топливо, или как сырье для производства битумов.

Высокотемпературный парофазный термический крекинг называется пиролизом. Осуществляется он при температурах 670÷1200 °С и по возможности низком (обычно близком к атмосферному) давлении. Цель процесса – получения газообразных непредельных углеводородов, в основном этилена. В качестве побочных продуктов образуется пропилен, ароматические углеводороды (бензол, толуол, нафталин) и их производные.

Пиролизу подвергают углеводороды попутных нефтяных газов и газов крекинга (этан, пропан, бутан), низкокачественные топливные фракции – бензины прямой перегонки, бензины, конденсированные из попутных газов.

Каталитический крекинг – (с применением катализатора) не только позволяет снизить температуру процесса и увеличить выход бензина, но и обеспечивает требуемое его качество.

В качестве катализаторов используются синтетические алюмосиликаты (содержание оксида алюминия – 10÷15%) и глины некоторых видов, в том числе типа бокситов.

Технические процессы каталитического крекинга проводятся в непрерывных действующих контактных аппаратах. Наибольшее

распространение получили установки для крекинга в кипящем слое пылевидного катализатора.

Сырье – широкая вакуумная фракция с температурой кипения в 300÷500 °С – нагревается в трубчатой печи, смешивается с горячим порошкообразным катализатором, испаряется и попадает в рабочую зону реактора. Там в кипящем слое катализатора при температуре 450÷500 °С и давления 60÷180 кПа происходит крекинг сырья.

Продукты крекинга из реактора поступают в ректификационную колонну, где они разделяются на газы, бензин, легкий и тяжелый каталитический газойль. Не прореагировавшее сырье из нижней части колоны возвращается в реактор.

Отработанный катализатор оседает в отпарной секции реактора, где он отделяется от не прореагировавшего сырья и продуктов крекинга и отправляется в регенератор, где выжигаются кокс и смолы, отложившиеся на поверхности катализатора.

Восстановленный катализатор отделяется от продуктов сгорания, охлаждается до 500÷550 °С и возвращается в реактор. Для восполнения потерь и обновления катализатора часть его заменяется свежим.

Установка каталитического крекинга с пылевидным катализатором отличаются высокой производительностью, их мощность доходит до 1,5 млн. т. в год. Выход продуктов при переработке широкой вакуумной фракции следующий: крекинг-бензинов – 35÷40%, крекинг газов – 15÷20, легкого крекинг-газойля – 35÷40%, тяжелого крекинг-газойля – 5÷8%.

Бензин каталитического крекинга характеризуется, большим содержанием (50% и выше) изопарафиновых и ароматических углеводородов и очень малым (3÷5%) – нестабильных непредельных, что обеспечивает его высокие эксплуатационные свойства. Азы каталитического крекинга выгодно отличаются высоким содержанием изобутана и бутилена, используемых в производстве синтетических каучуков.

Риформинг – разновидность каталитического крекинга, ход реакций в котором направлен на образование ароматических углеводородов и изомеров.

Сырьем для риформинга служит бензин различного происхождения: прямой перегонки, термического крекинга и др. Промышленные катализаторы риформинга – порошок оксида алюминия и платина. На поверхность слоя  $Al_2O_3$  платина (1% от массы  $Al_2O_3$ ) наносится очень тонким слоем. Алюмоплатиновый катализатор практически не нуждается в регенерации (срок службы до 1 года), но очень чувствителен к содержанию серы в сырье который разрушает его.

Процесс риформинга происходит при температуре 480÷520 °С и давлении 2÷4 МПа. Для предупреждения образования алкенов поддерживается избыток водорода, выделяющего ранее за счет реакции дегидрирования.

Нефтеперерабатывающий завод относится по надежности электроснабжения к I категории.

## 1.2 Исходные данные

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы мощностью 600 МВА, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37кВ (трансформаторы работают отдельно). Мощность к.з. на стороне 230 кВ трансформаторов равна 1800 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до комбината 17 км. Завод работает в три смены. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода – таблица 1.1.

Таблица 1.1 - Электрические нагрузки по нефтеперерабатывающему заводу

№№ п/п	Наименование	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, P <sub>н</sub>	Σ P <sub>н</sub>
1	2	3	4	5
1	Электрообессоливающая установка	40	1-90	2000
2	Комбинированная установка	42	1-95	2100
3	Установка каталитического крекинга	27	1-45	1300
4	Газофракционирующая установка	25	1-85	1100
5	Установка алкиляции	20	1-140	1400
6	Этилосмесительная установка	44	1-80	1200
7	Блок обратного водоснабжения	36	1-45	1300
8	Атмосферно-вакуумная установка	72	1-85	5300
9	Установка каталитического крекинга			
	а) 0,4 кВ	55	1-80	2000
	б) СД 10 кВ	4	1250	5000
10	Установка инертного газа	35	1-90	700
11	Механический цех	40	3-45	350
12	Электроцех	44	1-131	819,7
13	Пожарное депо	11	1-10	40
14	Центральная заводская лаборатория	16	1-10	85
15	Административный корпус, столовая	20	1-45	400
16	Пожарная насосная: а) СД 10 кВ	2	1000	2000
17	Резервуарные парки	12	15-50	400

Освещение цехов и территории завода определить по площади

### 1.3 Расчет электрических нагрузок по заводу

Расчет осветительной нагрузки.

Расчет осветительной нагрузки при определении нагрузки предприятия производим упрощенным методом по удельной плотности осветительной нагрузки на квадратный метр производственных площадей и коэффициенту спроса.

По этому методу расчетная осветительная нагрузка принимается равной средней мощности освещения за наиболее загруженную смену и определяется по формулам:

$$P_{po} = K_{co} \cdot \rho_o \cdot F, \text{кВт}; \quad (1.1)$$

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \text{tg} \varphi_o, \text{кВар}, \quad (1.2)$$

где  $K_{co}$  – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки;  $\text{tg} \varphi_o$  – коэффициент реактивной мощности, определяется по  $\cos \varphi$ ;

$F = a \cdot b$  – площадь производственного помещения, которая определяется по генеральному плану комбината, в  $\text{м}^2$ ;

$\rho_o$  – удельная осветительная мощность на  $1 \text{ м}^2$  поверхности пола известной производственной площади,  $\text{кВт}/\text{м}^2$ .

Все расчетные данные заносятся в таблицу 1.2 - «Расчет осветительной нагрузки».

Расчет низковольтных электрических нагрузок по заводу

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам предприятия производим методом «Упорядоченных диаграмм» упрощенным способом. Число  $m$  определяется:

$$m = \frac{P_{n\max}}{P_{n\min}}, \quad (1.3)$$

где  $P_{n\max}, P_{n\min}$  – номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников.

Средняя активная нагрузка за наиболее нагруженную смену:

$$P_{cm} = K_u \cdot P_n, \text{кВт} \quad (1.4)$$

где  $K_u$  – коэффициент использования, значения которого выбирается по справочнику [1];

$P_n$  – номинальная активная нагрузка.

Средняя реактивная нагрузка за наиболее нагруженную смену:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg \varphi, \text{квар.} \quad (1.5)$$

где  $P_{см}$  – среднесменная активная нагрузка;  
 $tg \varphi$  – коэффициент реактивной мощности.

Для определения итоговой нагрузки узла питания необходимо определить средневзвешенное значение коэффициента использования:

$$K_u = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_n}. \quad (1.6)$$

Эффектное число электроприемников:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_1^n P_n}{P_{n \max}}. \quad (1.7)$$

Максимальная активная получасовая нагрузка от силовых электроприемников узла:

$$P_m = K_m \cdot P_{см}, \text{кВт.} \quad (1.8)$$

где  $K_m$  – коэффициент максимума;  
 $P_{см}$  – среднесменная активная нагрузка.

Максимальная реактивная получасовая нагрузка от силовых электроприемников узла:

$$\begin{aligned} & \text{- при } n_{\text{э}} \leq 10, Q_m = 1,1 \cdot Q_{см}, \text{квар;} \\ & \text{- при } n_{\text{э}} > 10, Q_m = Q_{см}, \text{квар.} \end{aligned} \quad (1.9)$$

Максимальная полная нагрузка расчетного узла питания:

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2}, \text{кВА.} \quad (1.10)$$

Расчетный максимальный ток:

$$I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \text{А.} \quad (1.11)$$

Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 1.3.

Таблица 1.2 – Расчет осветительной нагрузки

№№ п/ п	Наименование производственного помещения	Размеры помещения		Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Удельная осветительная нагрузка, r <sub>0</sub> , кВт/м <sup>2</sup>	Коэффициент спроса, Кс	Установленная мощность освещения, Р <sub>у0</sub> , кВт	tgj	Расчетная мощность осветительной нагрузки	
		длина (м)	ширина (м)						Р <sub>р0</sub> , кВт	Q <sub>р0</sub> , квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Электрообессоливающая установка	52	33	1742	0,018	0,8	31,4	0,5	25,1	12,5
2	Комбинированная установка	46	26	1220	0,016	0,8	19,5	0,5	15,6	7,8
3	Установка каталитического крекинга	46	33	1525	0,018	0,8	27,4	0,5	22,0	11,0
4	Газофракционирующая установка	13	26	348	0,018	0,8	6,3	0,5	5,0	2,5
5	Установка алкилации	26	19	523	0,017	0,8	8,9	0,5	7,1	3,6
6	Этилосмесительная установка	59	46	2744	0,016	0,8	43,9	0,5	35,1	17,6
7	Блок обратного водоснабжения	112,2	13,2	1481	0,016	0,8	23,7	0,5	19,0	9,5
8	Атмосферно-вакуумная установка	39	79	3136	0,017	0,8	53,3	0,5	42,7	21,3
9	Установка каталитического крекинга	79	105	8364	0,018	0,8	150,5	0,5	120,4	60,2
10	Установка инертного газа	59	19	1176	0,015	0,8	17,6	0,5	14,1	7,1
11	Механический цех	39	13,2	523	0,018	0,8	9,4	0,5	7,5	3,8
12	Электроцех	13	33	436	0,016	0,8	7,0	0,5	5,6	2,8
13	Пожарное депо	13	33	436	0,013	0,7	5,7	0,5	4,0	2,0
14	Центральная заводская лаборатория	9	39	392	0,02	0,9	7,8	0,5	7,1	3,5
15	Административный корпус, столовая	26	99	2614	0,02	0,9	52,3	0,5	47,0	23,5
16	Пожарная насосная	46	13	610	0,013	0,7	7,9	0,5	5,5	2,8
17	Резервуарные парки	528	132	69696	0,01	0,6	697,0	0,5	418,2	209,1
	Территория	699	627	341685	0,002	1	683,4	0,5	683,4	341,7

Таблица 1.3 – Расчет силовых нагрузок по цехам, U = 0,4кВ

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт		m	K <sub>и</sub>	tgφ	Средние нагрузки		n <sub>э</sub>	K <sub>м</sub>	Расчетные нагрузки			I <sub>р</sub> , А
			P <sub>нmin</sub> ÷ P <sub>нmax</sub>	ΣP <sub>н</sub>				P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар			P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Электрообессоливающая установка осветительная	40	1-90	2000	>3	0,5	0,75	900	675	35	1,16	1044 25,1	675,0 12,5		
	итого											1069,1	687,5	1271,1	1933,5
2	Комбинированная установка осветительная	42	1-95	2100	>3	0,4	0,75	760	570	40	1,15	874,0 15,6	570,0 7,8		
	итого											889,6	577,8	1060,8	1613,6
3	Установка каталического крекинга осветительная	27	1-45	1300	>3	0,5	0,75	550	412,5	25	1,17	643,5 22,0	412,5 11,0		
	итого											665,5	423,5	788,8	1199,8
4	Газофракционирующая установка осветительная	25	1-85	1100	>3	0,5	0,88	490	431,2	20	1,2	588,0 5,0	431,2 2,5		
	итого											593,0	433,7	734,7	1117,6
5	Установка алкилации осветительная	20	1-140	1400	>3	0,55	0,88	715	629,2	17	1,21	865,2 7,1	629,2 3,6		
	итого											872,3	632,8	1077,6	1639,2

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	Этилосмесительная установка осветительная	44	1-80	1200		0,5	0,75	550	412,5	28	1,16	638,0 35,1	412,5 17,6		
	итого											673,1	430,1	798,8	1215,1
7	Блок обратного водоснабжения осветительная	36	1-45	1300	>3	0,5	0,88	625	550	35	1,12	700,0 19,0	550,0 9,5		
	итого											719,0	559,5	911,0	1385,8
8	Атмосферно-вакуумная установка осветительная	72	1-85	5300	>3	0,5	0,88	2600	2288	70	1,1	2860,0 42,7	2288,0 21,3		
	итого											2902,7	2309,3	3709,2	5642,3
9	Установка каталического крекинга осветительная	55	1-80	2000	>3	0,5	0,75	900	675	45	1,12	1008,0 120,4	675,0 60,2		
	итого											1128,4	735,2	1346,8	2048,7
10	Установка инертного газа осветительная	35	1-90	700	>3	0,55	0,88	330	290,4	15	1,25	412,5 14,1	290,4 7,1		
	итого											426,6	297,5	520,1	791,1
11	Ремонтно-механический цех осветительная	40	3-45	350	>3	0,3	1,02	73,35	74,8	12	1,52	111,5 7,5	74,8 3,8		
	итого											119,0	78,6	142,6	216,9



Окончание таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12	Электроцех осветительная	44	1-131	819,7	>3	0,3	1,02	105	107,1	40	1,19	125,0 5,6	107,1 2,8		
	итого											130,5	109,9	170,6	259,5
13	Пожарное депо осветительная	11	1-10	40	>3	0,4	0,75	14	10,5	7	1,58	22,1 4,0	11,6 2,0		
	итого											26,1	13,5	29,4	44,7
14	Центральная заводская лаборатория осветительная	16	1-10	85	>3	0,5	0,75	40	30,0	15	1,24	49,6 7,1	30,0 3,5		
	итого											56,7	33,5	65,8	100,1
15	Административный корпус, столовая осветительная	20	1-45	400	>3	0,5	0,88	185	162,8	1	1,64	303,4 47,0	179,1 23,5		
	итого											350,4	202,6	404,8	615,8
16	Пожарная насосная осветительная											5,5	2,8		
	итого											5,5	2,8	6,2	9,4
17	Резервуарные парки осветительная	12	15-50	400	>3	0,4	0,75	140	105	10	1,43	200,2 418,2	115,5 209,1		
	итого											618,4	324,6	698,4	1062,3
	Территория											683,4	341,7		
												10627,5	7527,7	13023,4	

## 1.4 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ

Правильное определение числа и мощности цеховых трансформаторов возможно только путем технико-экономических расчетов с учетом следующих факторов: категории надежности электроснабжения потребителей; компенсации реактивных нагрузок на напряжении до 1кВ; перегрузочной способности трансформаторов в нормальном и аварийном режимах; шага стандартных мощностей; экономичных режимов работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки.

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 10627,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 7527,7 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 13023,4 \text{ кВА}.$$

Нефтеперерабатывающий завод относится к 1 категории потребителей, комбинат работает в две смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов  $K_{зтр} = 0,75$ . При плотности нагрузки напряжением 380 В до 0,2-0,3 кВА/м<sup>2</sup> принимаем трансформатор мощностью  $S_{нт} = 1600$  кВА.

Для каждой технологически концентрированной группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число, необходимое для питания наибольшей расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$N_{т\text{ min}} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N \quad (1.12)$$

где  $P_{p0,4}$  – суммарная расчетная активная нагрузка;

$k_3$  – коэффициент загрузки трансформатора;

$S_{нт}$  – принятая номинальная мощность трансформатора;

$\Delta N$  – добавка до ближайшего целого числа.

$$N_{т\text{ min}} = \frac{10627,5}{0,75 \times 1600} + 0,311 = 9$$

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{т.э} = N_{т.\text{min}} + m, \quad (1.13)$$

где  $m$  – дополнительное число трансформаторов.

$N_{т.э}$  – определяется удельными затратами на передачу реактивной мощности с учетом постоянных составляющих капитальных затрат  $З^*п/ст$ .

$$З^*п/ст = 0,5; k_3 = 0,75; N_{т.\text{min}} = 9; \Delta N = 0,3111.$$

Тогда из справочника [2] по кривым определяем  $m$ , для нашего случая  $m = 1$ , значит  $N_{т.э} = 9 + 1 = 10$  трансформаторов.

По выбранному числу трансформаторов определяют наибольшую реактивную мощность  $Q_1$ , которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ (рисунок 1.1), определяется по формуле:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тэ} \times S_{нт} \times K_3^2) - P_{р0,4}^2} \quad (1.14)$$

$$Q_1 = \sqrt{(10 \times 1600 \times 0,75)^2 - 10627,5^2} = 4446 \text{ квар.}$$

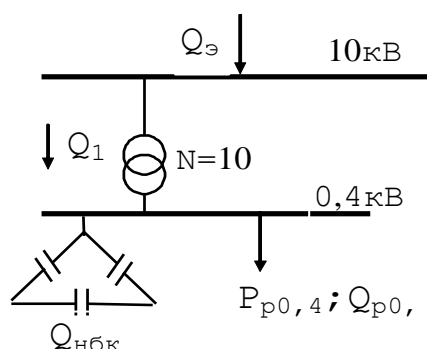


Рисунок 1.1

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину  $Q_{нбк}$ :

$$Q_{нбк} = Q_{р0,4} - Q_1, \text{ квар} \quad (1.15)$$

$$Q_{нбк} = 7527,7 - 4446 = 3081,7 \text{ квар}$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор:

$$Q_{нбк \text{ тп}} = \frac{Q_{нбк}}{N_{тэ}}, \text{ квар} \quad (1.16)$$

$$Q_{нбк \text{ тп}} = \frac{3081,7}{10} = 308,2 \approx 300 \text{ квар.}$$

Выбираем низковольтную батарею конденсаторов типа УК-0,38-300-150УЗ.

На основании расчетов, полученных выше составляется таблица 1.4 «Распределение нагрузок цехов по ТП», в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 1.4 – Распределение низковольтных нагрузок по цеховым ТП

№№ ТП и ЭП	№№ цехов	$P_{p\ 0,4}$ , кВт	$Q_{p\ 0,4}$ , квар	$S_{p\ 0,4}$ , кВА	Кз
ТП 1,2 (4x1600)  $Q_{нбк}=4x300$ итого	6	673,1	430,1		
	8	2902,7	2309,3		
	9	1128,4	735,2		
		4704,2	3474,6		
			-1200		
		4704,2	2274,6	5225,3	0,82
ТП 3,4 (3x1600)  $Q_{нбк}=3x300$ итого	7	719	559,5		
	16	5,5	2,8		
	5	872,3	632,8		
	4	593	433,7		
	12	130,5	109,9		
	11	119	78,6		
	14	56,7	33,5		
	15	350,4	202,6		
	3	665,5	423,5		
		3511,9	2476,9		
			-900		
	3511,9	1576,9	3849,7	0,80	
ТП 5,6 (3x1600)  $Q_{нбк}=3x300$ итого	1	1069,1	687,5		
	2	889,6	577,8		
	17	618,4	324,6		
	10	426,6	297,5		
	13	26,1	13,5		
	осв.тер.	683,4	341,7		
		3713,2	2242,6		
			-900		
	3713,2	1342,6	3948,5	0,82	

## 1.5 Расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ

Определение потерь мощности в ЦТП.

Таблица 1.5 - Технические характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение кз, %	Ток хх, %
	ВН	НН	хх	Кз		
ТСЛ(3)-1600	6-10	0,4	3,3	18	5,5	1,3

Фактические потери активной и реактивной мощности в силовых трансформаторах равны:

$$\Delta P_m = (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) \cdot N, \quad (1.17)$$

$$\Delta Q_m = \left( \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{нт} + \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_{нт} \cdot K_3^2 \right) \cdot N. \quad (1.18)$$

где  $\Delta P_{xx}$  – активные потери холостого хода;

$\Delta P_{кз}$  – активные потери короткого замыкания;

$I_{xx}$  – ток холостого хода трансформатора, %;

$U_{кз}$  – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$K_3$  – коэффициент загрузки трансформатора;

$N$  – количество трансформаторов

ТП1, ТП2:  $K_3 = 0,83$ ;  $N = 4$ .

$$\Delta P_{mp1,2} = (3,3 + 18 \cdot 0,83^2) \cdot 4 = 62,8 \text{ Вт};$$

$$\Delta Q_{mp1,2} = \left( \frac{1,3}{100} \cdot 1600 + \frac{5,5}{100} \cdot 1600 \cdot 0,83^2 \right) \cdot 4 = 325,6 \text{ квар.}$$

ТП3, ТП4:  $K_3 = 0,82$ ;  $N = 3$

$$\Delta P_{mp3,4} = (3,3 + 18 \cdot 0,82^2) \cdot 3 = 46,2 \text{ Вт};$$

$$\Delta Q_{mp3,4} = \left( \frac{1,3}{100} \cdot 1600 + \frac{5,5}{100} \cdot 1600 \cdot 0,82^2 \right) \cdot 3 = 239,7 \text{ квар.}$$

ТП5, ТП6:  $K_3 = 0,83$ ;  $N = 3$

$$\Delta P_{mp5,6} = (3,3 + 18 \cdot 0,83^2) \cdot 3 = 47,1 \text{ Вт};$$

$$\Delta Q_{mp5,6} = \left( \frac{1,3}{100} \cdot 1600 + \frac{5,5}{100} \cdot 1600 \cdot 0,83^2 \right) \cdot 3 = 244,2 \text{ квар.}$$

Суммарные потери во всех трансформаторах:

$$\Sigma \Delta P_T = 62,8 + 46,2 + 47,1 = 156,1 \text{ кВт.}$$

$$\Sigma \Delta Q_T = 325,6 + 239,7 + 244,2 = 719,5 \text{ квар.}$$

Определение расчетной мощности синхронных двигателей.

Определение расчетных активных и реактивных мощностей для СД:

$$P_{pCD} = P_{нCD} \cdot N_{CD} \cdot K_3, \text{кВт} \quad (1.19)$$

$$Q_{pCD} = P_{pCD} \cdot \text{tg} \varphi, \text{квар.} \quad (1.20)$$

Для установки каталического крекинга.

Исходные данные:  $P_{нCD} = 1500 \text{ кВт}$ ;  $\cos \varphi = 0,9$ ;  $N_{CD} = 4$ ;  $K_3 = 0,85$ .

$$P_{pCD} = 1500 \cdot 4 \cdot 0,85 = 5100 \text{ кВт.}$$

$$Q_{pCD} = 5100 \cdot 0,48 = 2550 \text{ квар.}$$

Для установки пожарной насосной.

Исходные данные:  $P_{нCD} = 750 \text{ кВт}$ ;  $\cos \varphi = 0,9$ ;  $N_{CD} = 2$ ;  $K_3 = 0,85$ .

$$P_{pCD} = 750 \cdot 2 \cdot 0,85 = 1275 \text{ кВт.}$$

$$Q_{pCD} = 1275 \cdot 0,48 = 637,5 \text{ квар.}$$

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП  
Составим схему электроснабжения, показанную на рисунке 1.2.

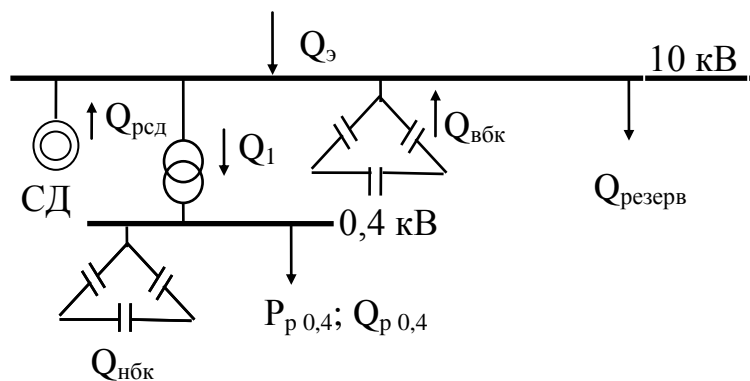


Рисунок 1.2

Составляется уравнение баланса реактивной мощности для шин 10 кВ ГПП:

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \Delta Q_{тр\Sigma} + Q_{pДСП} + \Delta Q_{трДСП} + Q_{рез} \pm Q_{pCD} - Q_{Э} - Q_{НБК} \quad (1.21)$$

где  $Q_{рез}$  – величина резерва реактивной мощности на предприятии, определяется по формуле:

$$Q_{рез} = 0,1 \cdot (Q_{p0,4} + \Delta Q_{mp\Sigma}) \quad (1.22)$$

$$Q_{рез} = 0,1 \cdot (7527,7 + 719,5) = 824,7 \text{ квар.}$$

$Q_{\text{Э}}$  – входная реактивная мощность задается энергосистемой как экономически оптимальная реактивная мощность, которая может быть передана предприятию в период наибольшей нагрузки энергосистемы и определяется по формуле:

$$Q_{\text{Э}} = 0,23 \div 0,25 \cdot (P_{p0,4} + \Delta P_{mp\Sigma} + P_{pCD}) \quad (1.23)$$

$$Q_{\text{Э}} = 0,23 \cdot (10627,5 + 156,1 + 5100 + 1275) = 3946,4 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{ВБК}} = 7527,7 + 719,5 + 824,7 - 3946,4 - 3000 - 2550 - 627,5 = -1062 \text{ квар.}$$

Так как  $Q_{\text{ВБК}} < 0$ , то установка батарей конденсаторов не требуется.

Расчет силовой нагрузки по комбинату в целом приведен в таблице 1.6 - «Расчет уточненной мощности по нефтеперерабатывающему заводу».

Таблица 1.6 - Расчет нагрузки по заводу в целом

№№ТП, S <sub>нт</sub> , Q <sub>БК</sub> ТП	№№ цеха	n	P <sub>n min</sub> - P <sub>n max</sub>	ΣP <sub>н</sub>	Ки	Средняя мощность		n <sub>э</sub>	K <sub>м</sub>	Расчетные мощности			K <sub>з</sub>
						P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар			P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП 1 (2x1600) ТП 2 (2x1600)	6	44	1-80	1200		550	412,5						
	8	72	1-85	5300		2600	2288						
	9	55	1-80	2000		900	675						
Силовая: Освещение: Q <sub>нБК</sub> Итого		160	80	8100	0,5	4050	3375,5	160	1,05	4252,5	3375,5		
										198,2	99,1		
											-1200		
										4450,7	2274,6	4998,3	0,78
ТП 3 (2x1600) ТП 4 (1x1600)	7	36	1-45	1300		625	550						
	5	20	1-140	1400		715	629,2						
	4	25	1-85	1100		490	431,2						
	12	43	1-12	400		105	107,1						
	11	40	3-45	350		73,3	74,8						
	14	16	1-10	85		40	30						
	15	20	1-45	400		185	162,8						
	3	27	1-45	1300		550	412,5						
Силовая: Освещение: Q <sub>нБК</sub> Итого		189	150	5674,5	0,5	2783,3	2397,6	76	1,1	3061,6	2397,6		
										125,8	62,9		
											-900		
										3187,4	1560,5	3548,9	0,74



Продолжение таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП 5 (2x1600) ТП 6 (1x1600)	1	40	1-90	2000		900	675						
	2	42	1-95	2100		760	570						
	17	12	15-50	400		140	105						
	10	35	1-90	700		330	290,4						
	13	11	1-10	40		14	10,5						
Силовая: Освещение: освещение терр. Q <sub>нбк</sub> Итого		125	80	4685	0,5	2144	1650,9	117	1,1	2358,4	1650,9		
										477,0	238,5		
										683,4	341,7		
											-900		
										2835,4	1331,1	3132,2	0,7
итого 0,4 кВ										10473,5	5166,2		
ΣΔP <sub>T</sub> , ΣΔQ <sub>T</sub>										156,1	719,5		
итого										10629,6	5885,7		
установка катал. крекинга	9	4	1250	5000						5100	-2550		
пожарная насосная	16	2	1000	2000						1275	-637,5		
ИТОГО 10 кВ										17004,6	2698,2	17217,3	

## 1.6 Сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы мощностью 600 МВА, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37кВ (трансформаторы работают раздельно). Мощность к.з. на стороне 230 кВ трансформаторов равна 1800 МВА.

I вар: 230кВ

II вар: 115кВ

III вар: 37кВ

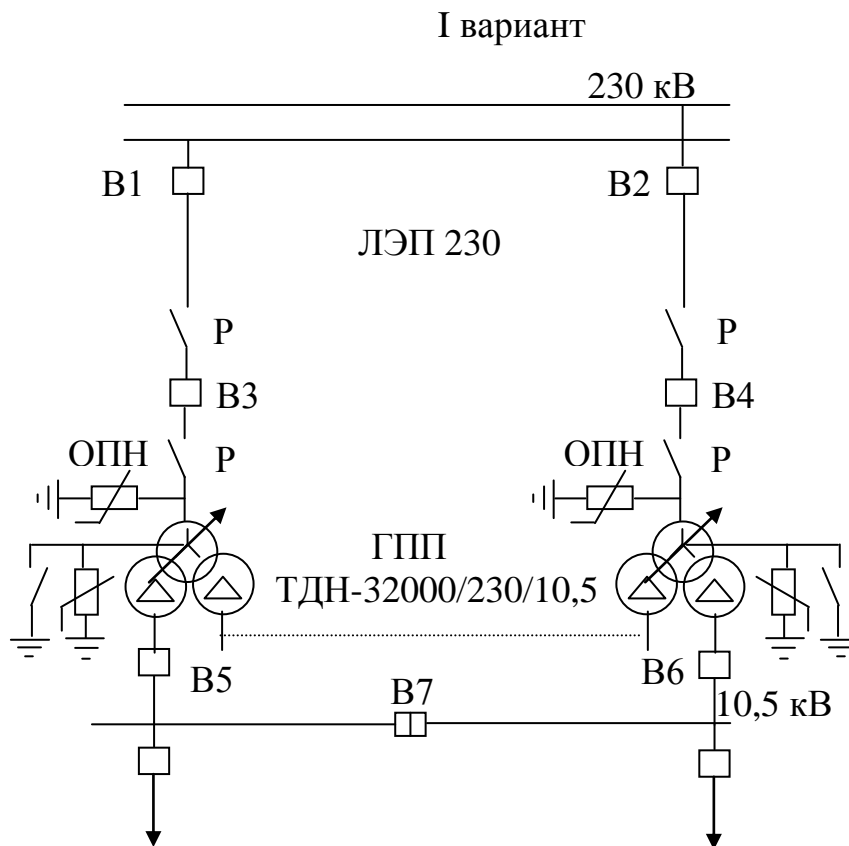


Рисунок 1.3 – Первый вариант схемы электроснабжения

Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S_{p_{тр\ гпп}} = \sqrt{P_p^2 + Q_{\varepsilon}^2} = \sqrt{10627,5^2 + 3946,4^2} = 11336,5 \text{ кВА}$$

Принимаем трансформаторы  $2 \times 32000$  кВА

$$K_3 = \frac{S_{p_{гпп}}}{2 \cdot S_{ннт}} = \frac{11336,5}{2 \cdot 32000} = 0,2$$

Так как коэффициент загрузки получился очень маленьким, то дальнейший расчет по этому варианту не целесообразен.

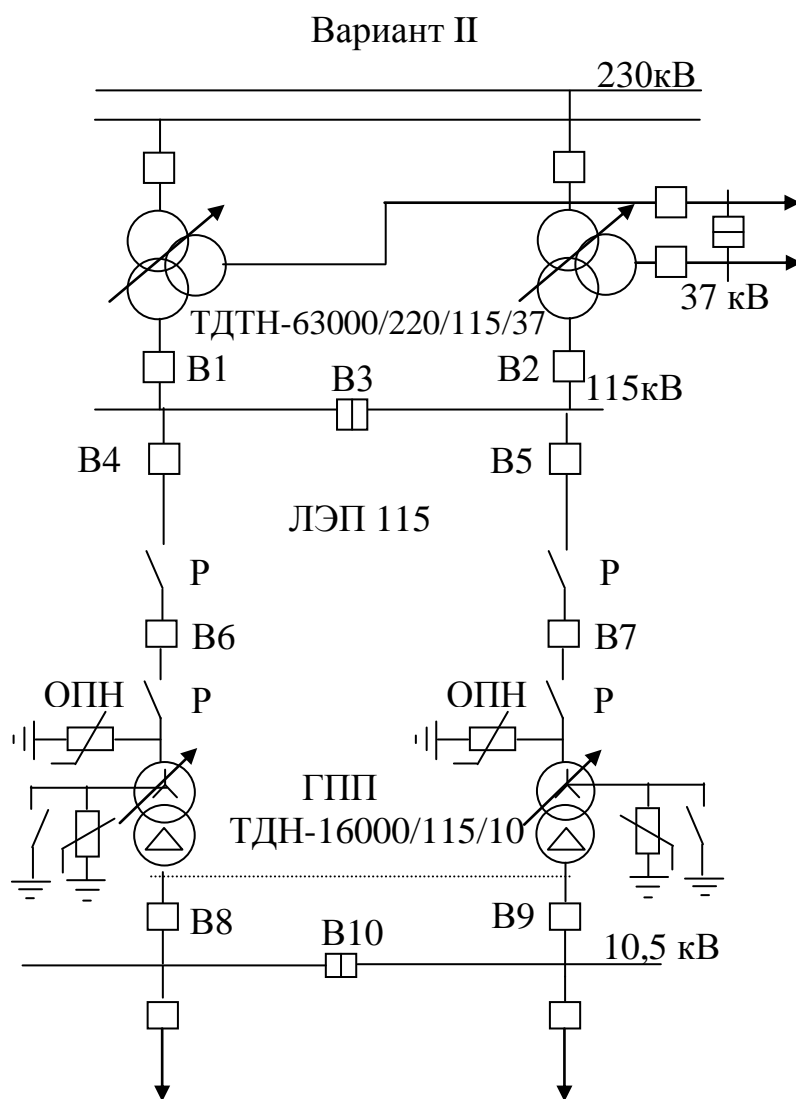


Рисунок 1.4 – Второй вариант схемы электроснабжения

Выберем трансформаторы ТПП:

Выбираем два трансформатора типа ТДН-16000/115

$S_{н\ tr}=16000$  кВА;  $K_3=0,6$

Паспортные данные трансформаторов:

$S_{н}=16000$  кВА

$\Delta P_{xx}=26$  кВт

$U_{k3}=10,5\%$

$U_{вн}=115$  кВ

$\Delta P_{k3}=90$  кВт

$U_{нн}=11$  кВ

$I_{xx}=0,85\%$

Рассчитаем потери мощности в этих трансформаторах:

$$\Delta P_{тр\ TПП} = 2(\Delta P_{xx} + \Delta P_{k3} \times K_3^2) = 2(26 + 90 \times 0,6^2) = 116,8 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр\ TПП} = 2\left(\frac{I_{xx}}{100} \times S_{н\ T} + \frac{U_{kk}}{100} \times S_{н} \times K_3^2\right) = 2\left(\frac{0,85}{100} \times 16000 + \frac{10,5}{100} \times 16000 \times 0,6^2\right) = 1481,6$$

Найдем потери электроэнергии в трансформаторах ГПП. Число часов включения  $T_{вкл}=6000$ ч и число часов использования максимума активной нагрузки  $T_m=4500$ ч.

$$\Delta W_{T.ГПП} = 2 \cdot (\Delta P_{xx} \cdot T_{вкл} + \tau \cdot \Delta P_{кз} \cdot K_3^2), \quad (1.24)$$

где  $\tau = (0,124 + \frac{T_m}{10000})^2 \times 8760 = 2886$ ч - время максимальных потерь

$$\Delta W_{тр гпп} = 2(26 \times 6000 + 90 \times 2886 \times 0,6^2) = 499012 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Выберем сечение ЛЭП-110 кВ.  
Определим мощность, проходящую по ЛЭП

$$S_{лэп} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{тр гпп})^2 + Q_э^2} = \sqrt{(10627,5 + 116,8)^2 + 3946,4^2} = 11474,3 \text{ кВА}$$

Расчетный ток одной линии:

$$I_p = \frac{S_{лэп}}{2\sqrt{3}U_n} = \frac{11474,3}{2\sqrt{3} \cdot 115} = 28,8 \text{ А}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав} = 2 \times I_p = 2 \times 28,8 = 57,6 \text{ А}$$

а) Определим сечение по экономической плотности тока:

$$F_э = I_p / J_э = 28,8 / 1,1 = 26,1 \text{ мм}^2,$$

где  $J_э = 1,1 \text{ А/мм}^2$  (А1,  $T_m = 4000$ ч).

б) По условию потерь на корону для ВЛ-110 кВ сечение должно быть не менее  $70 \text{ мм}^2$ .

Принимаем провод АС-70 с  $I_{доп} = 265 \text{ А}$

в) Проверим провод по пропускной способности:

$$I_{доп \text{ пров}} \geq I_p \quad (265 \text{ А} > 28,8 \text{ А})$$

г) Проверим провод по аварийному режиму:

$$I_{доп \text{ ав}} = 1,3 \times I_{доп} = 1,3 \times 265 = 344,5 \text{ А}, \quad (344,5 \text{ А} > 57,6 \text{ А})$$

Определим потери электроэнергии в ЛЭП-110 кВ:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = 2(3I_p^2 \times R \times 10^{-3} \times \tau) = 2 \times 3 \times 28,8^2 \times 7,8 \times 10^{-3} \times 2886 = 112028 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

где  $R = r_0 \times l = 0,46 \times 17 = 7,8 \text{ Ом}$ .

Выберем трансформаторы энергосистемы:

Выбираем два трансформатора типа ТДТН-63000/110

Паспортные данные трансформаторов:  $S_{\text{н}} = 63000 \text{ кВА}$

$U_{\text{вн}} = 115 \text{ кВ}$        $\Delta P_{\text{хх}} = 70 \text{ кВт}$        $U_{\text{кв-н}} = 17\%$ ;

$U_{\text{сн}} = 38,5 \text{ кВ}$        $\Delta P_{\text{кз}} = 310 \text{ кВт}$        $U_{\text{кс-н}} = 6\%$ ;

$U_{\text{нн}} = 11 \text{ кВ}$        $U_{\text{кв-с}} = 10,5\%$ ;       $I_{\text{хх}} = 0,85\%$

Найдем  $\gamma_1$ -коэффициент долевого участия проектируемого завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{лэп}35}}{2 * S_{\text{нномт}}} = \frac{11474,3}{2 \times 63000} = 0,1$$

Выбираем выключатели, разъединители, ОПН на напряжение 110 кВ:

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рисунок 1.5) и рассчитаем ток короткого замыкания.

Принимаем  $S_6 = 1000 \text{ МВА}$ ,  $U_6 = 115 \text{ кВ}$ ,  $x_c = 0,5 \text{ о.е.}$

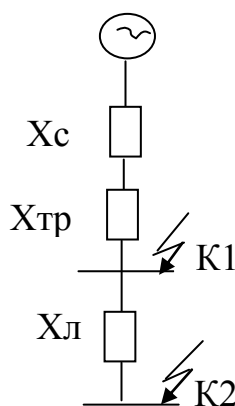


Рисунок 1.5 - Схема замещения

Определяем базисный ток:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_6}, \text{ кА} \quad (1.25)$$

$$I_6 = \frac{1000}{1,73 \cdot 115} = 5,02 \text{ кА}$$

Определяем сопротивление трансформатора системы:

$$x_{тр.сист.} = \frac{U_{BC} \cdot S_{\bar{6}}}{100 \cdot S_{ном.тр.сист.}}, о.е. \quad (1.26)$$

$$x_{тр.сист.} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 63} = 1,66 о.е.$$

Определяем сопротивление ЛЭП:

$$x_{лэп} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\bar{6}}}{U_{cp}^2}, о.е.. \quad (1.27)$$

$$x_{лэп} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\bar{6}}}{U_{cp}^2} = \frac{0,34 \cdot 17 \cdot 1000}{115^2} = 0,43 о.е.$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-1:

$$I_{К-1} = \frac{I_{\bar{6}}}{x_c + x_{тр.сист.}}, кА \quad (1.28)$$

$$I_{К-1} = \frac{5,02}{0,5 + 1,66} = 2,3 кА$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-2:

$$I_{К-2} = \frac{I_{\bar{6}}}{x_c + x_{тр.сист.} + x_{лэп}}, кА \quad (1.29)$$

$$I_{К-2} = \frac{5,02}{0,5 + 1,66 + 0,43} = 1,9 кА$$

Определяем ударный ток:

$$i_{y\partial 1} = K_{y\partial} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{К}, кА \quad (1.30)$$

$$i_{y\partial 1} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 2,3 = 5,8 кА$$

$$i_{y\partial 2} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 1,9 = 4,9 кА$$

Выключатели В1,В2 выбираем по аварийному току трансформаторов системы. Принимаем, что мощность по двум вторичным обмоткам трансформатора распределена поровну-по 50%, т.е  $2 \times 31,5 = 63$  МВА. Найдем ток, проходящий через выключатели В1и В2:

$$I_{авВ1,В2} = \frac{S_{авт}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{2 \cdot 31,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 115} = 316 \text{ А}$$

Выбираем выключатели В1,В2 типа типа 3APIFG-145/ЕК – элегазовый колонковый выключатель, фирмы Siemens.

Таблица 1.7 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n = 110$ кВ $I_n = 1600$ А $I_{откл} = 40$ кА $I_{дин} = 40$ кА	$U_p = 110$ кВ $I_{ав} = 316$ А $I_{к1} = 2,3$ кА $i_{уд1} = 5,8$ кА	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$

Выбираем горизонтально-поворотные разъединители RUHRTAL фирмы Siemens, типа D BF-145N.

Таблица 1.8 - Технические характеристики разъединителя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n = 110$ кВ $I_n = 1600$ А $I_{терм.уст.} = 40$ кА $I_{дин.уст.} = 100$ кА	$U_p = 110$ кВ $I_{ав} = 316$ А $I_{к2} = 2,3$ кА $i_{уд2} = 5,8$ кА	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав}$ $I_{терм.уст.} \geq I_{к2}$ $I_{дин.уст.} \geq i_{уд2}$

Выбираем выключатели В3,В4 типа 3APIFG-145/ЕК – элегазовый колонковый выключатель, производитель Siemens.

Таблица 1.9 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n = 110$ кВ $I_n = 1600$ А $I_{откл} = 40$ кА $I_{дин} = 40$ кА	$U_p = 110$ кВ $I_{ав} = 57,6$ А $I_{к2} = 2,3$ кА $i_{уд2} = 5,8$ кА	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав}$ $I_{откл} \geq I_{к2}$ $I_{дин} \geq i_{уд2}$

Выбираем ограничители перенапряжения типа REXLIM R120-УН123,  $U_n = 110$  кВ.

Капитальные затраты на выбранное оборудование:

Таблица 1.10 - Стоимость оборудования на напряжение 110 кВ

Вид оборудования	Количество, шт.	Стоимость, млн. тенге	Суммарная стоимость, млн. тенге
ОПН	4	10	40
Выключатели	4	40	160
Разъединитель	4	20	80
Трансформатор	2	100	200
ЛЭП	17	6	102

Определим капитальные затраты на выбранное оборудование:

$$\Sigma K_{II} = K_{B4-B7} + K_{ЛЭП-110} + K_{разъед.} + K_{ОПН} + K_{тр.гпп.},$$

$$\Sigma K_{II} = 40 + 160 + 80 + 200 + 102 = 582 \text{ млн.тг.}$$

Вариант III

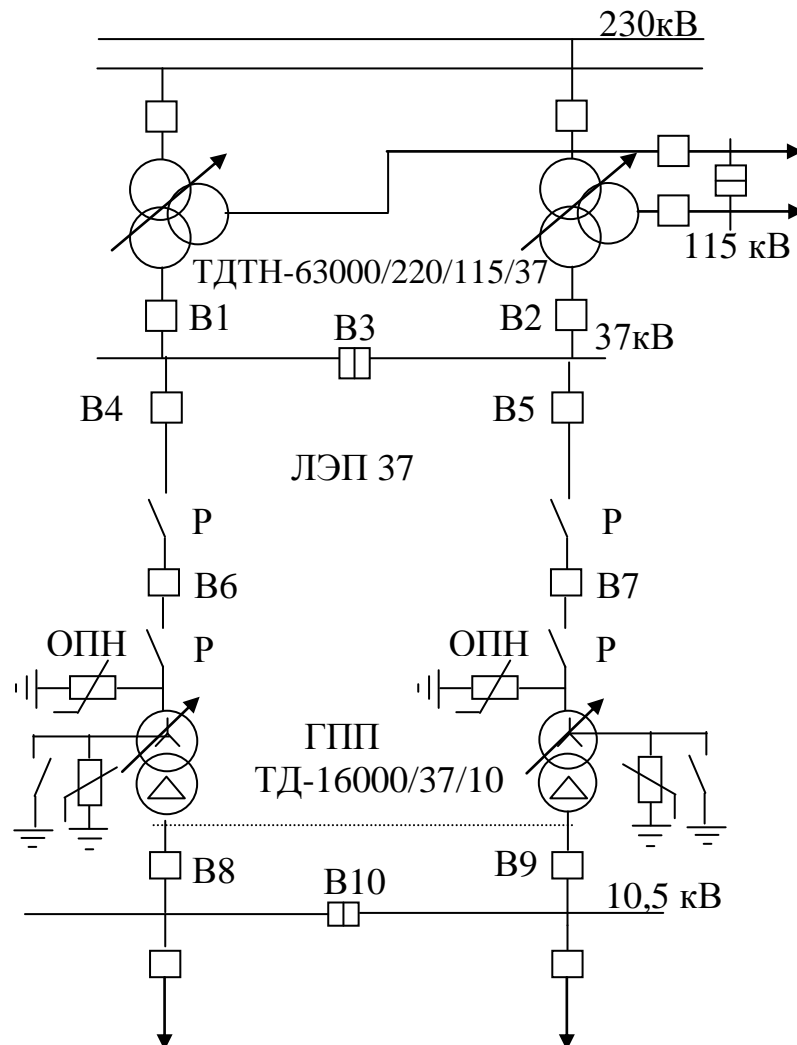


Рисунок 1.6 – Третий вариант схемы электроснабжения



Выберем трансформаторы ГПП:

Выбираем два трансформатора типа ТД-16000/37

$S_{н\ tr}=16000$  кВА;  $K_3=0,6$

Паспортные данные трансформаторов:

$S_{н}=16000$  кВА     $U_{нн}=11$  кВ     $\Delta P_{хх}=14,5$  кВт     $U_{кз}=10,5\%$

$U_{вн}=37$ кВ     $\Delta P_{кз}=65$  кВт     $I_{хх}=0,8\%$

Рассчитаем потери мощности в этих трансформаторах:

$$\Delta P_{тр\ гпп}=2(\Delta P_{хх}+\Delta P_{кз}\times K_3^2)=2(14,5+65\times 0,6^2)=75,8\text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр\ гпп}=2\left(\frac{I_{хх}}{100}\times S_{н\ tr}+\frac{U_{кк}}{100}\times S_{н}\times K_3^2\right)=2\left(\frac{0,8}{100}\times 16000+\frac{10,5}{100}\times 16000\times 0,6^2\right)=1465\text{квар}$$

Найдем потери электроэнергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{тр\ гпп}=2(14,5\times 6000+65\times 2886\times 0,6^2)=309064\text{кВт}\cdot\text{ч}$$

Выберем сечение ЛЭП-35 кВ:

$$S_{лэп}=\sqrt{(10627,5+75,8)^2+4652,7^2}=11407,7\text{ кВА}$$

Расчетный ток одной линии:

$$I_p=\frac{11407,7}{2\sqrt{3}\cdot 37}=89,1\text{ А}$$

Аварийный ток:

$$I_{ав}=2\times 89,1=178,2\text{ А}$$

а) Определим сечение по экономической плотности тока:

$$F_э=89,1/1,1=81\text{ мм}^2,$$

б) По условию потерь на корону для ВЛ-35 кВ сечение должно быть не менее  $70\text{ мм}^2$ .

Принимаем провод АС-150 с  $I_{доп}=445\text{ А}$

в) Проверим провод по пропускной способности:

$$I_{доп\ пров}\geq I_p\ (445\text{ А}>89,1\text{ А})$$

г) Проверим провод по аварийному режиму:

$$I_{доп\ ав}\geq I_{ав},\ (578,5\text{ А}>178,2\text{ А})$$

Определим потери электроэнергии в ЛЭП-35 кВ:

$$\Delta W_{\text{ЛЭП}} = 2 \times 3 \times 89,1^2 \times 7,8 \times 10^{-3} \times 2886 = 1072253 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Выберем трансформаторы энергосистемы:

Выбираем два трансформатора типа ТДТН-63000/110

Паспортные данные трансформаторов:  $S_{\text{H}} = 63000 \text{ кВА}$

$U_{\text{ВН}} = 115 \text{ кВ}$        $\Delta P_{\text{ХХ}} = 70 \text{ кВт}$        $U_{\text{КВ-Н}} = 17\%$ ;

$U_{\text{СН}} = 38,5 \text{ кВ}$        $\Delta P_{\text{КЗ}} = 310 \text{ кВт}$        $U_{\text{КС-Н}} = 6\%$ ;

$U_{\text{НН}} = 11 \text{ кВ}$        $U_{\text{КВ-С}} = 10,5\%$        $I_{\text{ХХ}} = 0,85\%$

Найдем  $\gamma_1$ -коэффициент долевого участия проектируемого завода в мощности трансформаторов энергосистемы:

$$\gamma_1 = \frac{11407,7}{2 \times 63000} = 0,1$$

Выбор оборудования на  $U = 35 \text{ кВ}$ .

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рисунок 1.6) и рассчитаем ток короткого замыкания.

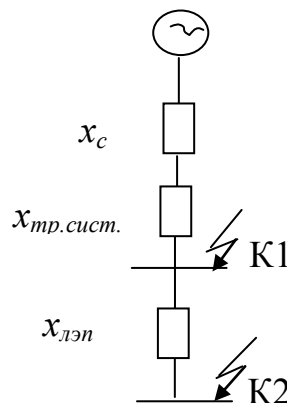


Рисунок 1.7 - Схема замещения

Принимаем  $S_6 = 1000 \text{ МВА}$ ;  $U_6 = 37 \text{ кВ}$ ;  $x_c = 0,5 \text{ о.е.}$

Определяем базисный ток:

$$I_6 = \frac{1000}{1,73 \cdot 37} = 15,6 \text{ кА.}$$

Определяем сопротивление трансформатора системы:

$$x_{\text{тр. сист.}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 63} = 1,66 \text{ о.е.}$$

Определяем сопротивление ЛЭП:

$$x_{лэп} = \frac{0,32 \cdot 17 \cdot 1000}{37^2} = 4,22 \text{ о.е.}$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-1:

$$I_{к-1} = \frac{15,6}{0,5 + 1,66} = 7,2 \text{ кА}$$

Определяем ток короткого замыкания в точке К-2:

$$I_{к-2} = \frac{15,6}{0,5 + 1,66 + 4,22} = 2,4 \text{ кА}$$

Определяем ударный ток в точках К-1 и К-2:

$$i_{уд1} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 7,2 = 18,3 \text{ кА}$$

$$i_{уд2} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 2,4 = 6,2 \text{ кА}$$

После расчета токов КЗ произведем выбор оборудования.

Выключатели В1, В2 выбираем по аварийному току трансформаторов системы. Найдем ток, проходящий через выключатели В1 и В2:

$$I_{ав.В1,В2} = \frac{S_{ном.тр.сист.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ср}}, \text{ А} \quad (1.31)$$

$$I_{ав.В1,В2} = \frac{63000}{1,73 \cdot 37} = 984 \text{ А}$$

Выбираем выключатели В1, В2 типа 3АΡΙFG-38 – элегазовый колонковый выключатель, фирмы Siemens.

Таблица 1.11 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_H = 35 \text{ кВ}$ $I_H = 1600 \text{ А}$ $I_{откл} = 31,5 \text{ кА}$ $I_{дин} = 82 \text{ кА}$	$U_p = 35 \text{ кВ}$ $I_{ав.В1,В2} = 984 \text{ А}$ $I_{к1} = 7,2 \text{ кА}$ $i_{уд1} = 18,3 \text{ кА}$	$U_H \geq U_p$ $I_H \geq I_{ав.тр.сист}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$

Найдем ток, проходящий через выключатель В3:

$$I_{pB3} = \frac{I_{авB1,B2}}{2} = \frac{984}{2} = 492 \text{ A}$$

Выбираем выключатели В1,В2 типа 3APIFG-38 – элегазовый колонковый выключатель, фирмы Siemens.

Таблица 1.12 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n = 35 \text{ кВ}$ $I_n = 1600 \text{ А}$ $I_{откл} = 31,5 \text{ кА}$ $I_{дин} = 82 \text{ кА}$	$U_p = 35 \text{ кВ}$ $I_{pB3} = 492 \text{ А}$ $I_{к1} = 7,2 \text{ кА}$ $i_{уд1} = 18,3 \text{ кА}$	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{p.тр сист}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$

Определим коэффициенты долевого участия проектируемого предприятия в протекании тока в выключателях В1, В2, В3:

$$\gamma_2 = \frac{I_{ав}}{I_{ном.выкл.}} = \frac{178,2}{1600} = 0,11$$

$$\gamma_3 = \frac{I_p}{I_{ном.выкл.}} = \frac{89,1}{1600} = 0,06$$

Выключатели В4-В7 выбираем по аварийному току предприятия:  $I_{ав} = 178,2 \text{ А}$ .

Выбираем выключатели В1,В2 типа 3APIFG-38 – элегазовый колонковый выключатель, фирмы Siemens.

Таблица 1.13 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n = 35 \text{ кВ}$ $I_n = 1600 \text{ А}$ $I_{откл} = 31,5 \text{ кА}$ $I_{дин} = 82 \text{ кА}$	$U_p = 35 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 178,2 \text{ А}$ $I_{к2} = 2,4 \text{ кА}$ $i_{уд2} = 6,2 \text{ кА}$	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав.тр сист}$ $I_{откл} \geq I_{к2}$ $I_{дин} \geq i_{уд2}$

Выбираем горизонтально-поворотные разъединители RUHRTAL фирмы Siemens, типа D BF-38N.

Таблица 1.14 - Технические характеристики разъединителя

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n = 35 \text{ кВ}$ $I_n = 1000 \text{ А}$ $I_{\text{терм.уст.}} = 65 \text{ кА}$ $I_{\text{дин.уст.}} = 25 \text{ кА}$	$U_p = 35 \text{ кВ}$ $I_{\text{ав}} = 178,2 \text{ А}$ $i_{\text{уд2}} = 6,2 \text{ кА}$ $I_{\text{к2}} = 2,4 \text{ кА}$	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{\text{ав}}$ $I_{\text{терм.уст.}} \geq I_{\text{к2}}$ $I_{\text{дин.уст.}} \geq i_{\text{уд2}}$

Выбираем ограничители перенапряжения типа REXLIM R072-УН123,  $U_n = 35 \text{ кВ}$ .

Таблица 1.15 - Стоимость оборудования на напряжение 35 кВ

Вид оборудования	Количество, шт.	Стоимость, млн. тенге	Суммарная стоимость, млн. тенге
ОПН	2	8	16
Выключатели	4	35	140
Разъединитель	4	15	60
Трансформатор	2	80	160
Трансформатор энергосистемы	2	600	1200
Выключатели энергосистемы	2	35	70
Секционный выключатель энергосистемы	1	35	35
ЛЭП	17	5	85

Определим капитальные затраты на выбранное оборудование:

$$\Sigma K_{II} = K_{B4-B7} + K_{\text{ЛЭП-35}} + K_{\text{разъед.}} + K_{\text{ОПН}} + K_{\text{тр.гпп}} + \gamma_1 K_{\text{тр.сист.}} + \gamma_2 K_{B1-B2} + \gamma_3 K_{B3},$$

$$\Sigma K_{II} = 140 + 85 + 60 + 16 + 160 + 0,1 \cdot 1200 + 0,11 \cdot 70 + 0,06 \cdot 35 = 590 \text{ млн.тг.}$$

Вывод: проходит II вариант по минимальным годовым потерям в трансформаторе и ЛЭП и капитальным затратам.

## 1.7 Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания U=10кВ

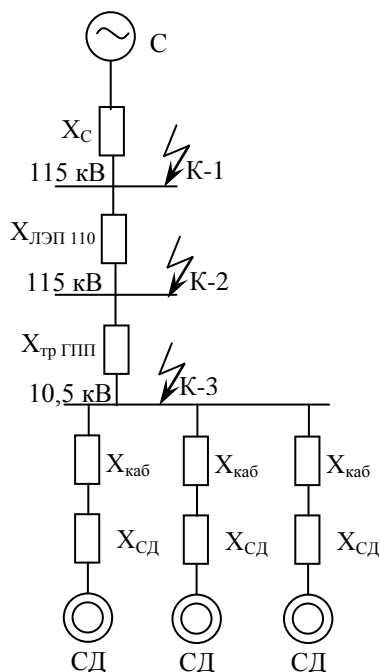


Рисунок 1.8 – Схема замещения электроснабжения ГПП

Принимаем  $S_6=1000$  МВА;  $x_c=0,5$ ;  $U_6=10,5$  кВ.

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 55,05 \text{ кА};$$

Токи КЗ в точке К-1, К-2 рассчитаны выше, то остается рассчитать токи в точке К-3 с учетом подпитки от СД.

$$I'_{\text{К-3}} = \frac{I_6}{X_c + X_{\text{ЛЭП}} + X_{\text{тр.сист}} + X_{\text{тр.ГПП}}} = \frac{55,05}{0,5 + 0,43 + 1,66 + 6,5} = 6,1 \text{ кА}.$$

Рассчитаем ток от СД (участок каталитического крекинга):

Исходные данные:  $P_{\text{н СД}}=1500$  кВт;  $\cos \varphi = 0,9$ ;  $N_{\text{СД}} = 4$ ;  $k_3 = 0,85$ .

$$S_{\text{н СД}} = \frac{P_{\text{н СД}}}{\cos \varphi} = \frac{1500}{0,9} = 1666 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{сд}} = \frac{S_{\text{н СД}} \times K_3}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1666 \times 0,85}{\sqrt{3} \times 10,5} = 77,9 \text{ А};$$

Выбираем кабель к СД:

а) по экономической плотности тока:

$$F_{э} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{77,9}{1,4} = 55,6 \text{ мм}^2.$$

б) по минимальному сечению:

$$F_{\min} = \alpha \times I_{кз} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 6,1 \times \sqrt{0,8} = 66,5 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель маркой ААШВ-10-(3×70),  $I_{\text{доп}} = 165 > 77,9$  А.

Данные кабеля:  $r_0 = 0,443$  Ом/км;  $x_0 = 0,086$  Ом/км.

$$X_{\text{каб.кСД}} = \frac{x_0 \times L \times S_{\sigma}}{3 \times U_{\text{ср}}^2} = \frac{0,086 \times 0,05 \times 1000}{3 \times 10,5^2} = 0,019 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{сд}} = \frac{x_d'' \times S_{\sigma}}{\sum S_{\text{н сд}}} = \frac{0,2 \times 1000}{2 \times 1,666} = 60 \text{ о.е.}$$

Тогда ток от двигателей будет равен:

$$I_{\text{кзСД}} = \frac{E_{\text{сд}} \times I_{\sigma}}{X_{\text{экв.}}} = \frac{1,048 \times 55,05}{0,019 + 60} = 0,9 \text{ кА.}$$

где  $E_{\text{сд}} = E_n'' \times U_n / U_{\sigma} = 1,1 \times 10 / 10,5 = 1,048$

Рассчитаем ток от СД (пожарная насосная):

Исходные данные:  $P_{\text{н сд}} = 750$  кВт;  $\cos \varphi = 0,9$ ;  $N_{\text{сд}} = 2$ ;  $k_3 = 0,85$ .

$$S_{\text{н сд}} = \frac{P_{\text{н сд}}}{\cos \varphi} = \frac{750}{0,9} = 833 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{сд}} = \frac{S_{\text{н сд}} \times K_3}{\sqrt{3} \times U} = \frac{833 \times 0,85}{\sqrt{3} \times 10,5} = 38,9 \text{ А};$$

Выбираем кабель к СД:

а) по экономической плотности тока:

$$F_{э} = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{38,9}{1,4} = 27,8 \text{ мм}^2.$$

б) по минимальному сечению:

$$F_{\min} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 6,1 \times \sqrt{0,8} = 66,5 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель маркой ААШВ-10-(3×70),  $I_{\text{доп}} = 165 > 38,9 \text{ А}$ .  
Данные кабеля:  $r_0 = 0,443 \text{ Ом/км}$ ;  $x_0 = 0,086 \text{ Ом/км}$ .

$$x_{\text{каб.кСД}} = \frac{x_0 \times L \times S_{\text{б}}}{3 \times U_{\text{ср}}^2} = \frac{0,086 \times 0,05 \times 1000}{1 \times 10,5^2} = 0,019 \text{ о.е.}$$

$$x_{\text{сд}} = \frac{x_{\text{д}}'' \times S_{\text{б}}}{\sum_{\text{нсд}} S} = \frac{0,2 \times 1000}{0,833} = 240 \text{ о.е.}$$

Тогда ток от двигателей будет равен:

$$I_{\text{кзСД}} = \frac{E_{\text{сд}} \times I_{\text{б}}}{x_{\text{эkv}}} = \frac{1,048 \times 55,05}{0,019 + 240} = 0,2 \text{ кА.}$$

Суммарный ток КЗ в точке К-3 на шинах 10 кВ с учетом подпитки от двигателей будет равен:

$$\sum I_{\text{кз}} = I'_{\text{к-3}} + I_{\text{Σкз СД}} = 6,1 + 1,1 = 7,2 \text{ кА.}$$

Ударный ток в точке К-3:

$$i_{\text{уд3}} = K_{\text{уд}} \times \sqrt{2} \times \sum I_{\text{кз}} = 1,8 \times \sqrt{2} \times 7,2 = 18,5 \text{ кА.}$$

*Выбор выключателей.*

Выбор вводных и секционных выключателей

$$S_{\text{р.}} = \sqrt{(P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{р гтл}})^2 + Q_{\text{з}}^2} = \sqrt{(10627,5 + 116,8)^2 + 3946,4^2} = 11474,3 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{11474,3}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 631 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель типа 3АН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.



Таблица 1.16 - Технические характеристики выключателя

	Вводные выключатели		Секционный выключатель	
	Расчетные	Паспортные	Расчетные	Паспортные
$U_n$ , кВ	10	10	10	10
$I_n$ , А	631	800	315,5	800
$I_{отк}$ , кА	7,2	16	3,6	16
$I_{дин}$ , кА	18,5	40	9,1	40
Привод	Моторный пружинный привод			

Выбор выключателей отходящих линий:

Магистраль ГПП-(ТП1-ТП2):

$$S_p = \sqrt{(4450,7 + 62,8)^2 + (2274,6 + 325,6)^2} = 5208,9 \text{ кВА};$$

$$I_{ав} = \frac{5208,9}{\sqrt{3} \times 10,5} = 286,7 \text{ А}$$

Выбираем выключатель типа ЗАН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.17 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U = 10 \text{ кВ}$
$I_n = 800 \text{ А}$	$I_{ав} = 286,7 \text{ А}$
$I_{откл} = 16 \text{ кА}$	$I_{кз} = 7,2 \text{ кА}$
$I_{дин} = 40 \text{ кА}$	$i_{уд} = 18,5 \text{ кА}$
$I^2 \cdot t = (16)^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$W = (7,2)^2 \cdot 0,12 = 6,22 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Моторный пружинный привод	

Магистраль ГПП-(ТП3-ТП4):

$$S_p = \sqrt{(3187,4 + 46,2)^2 + (1560,5 + 239,7)^2} = 3700,9 \text{ кВА};$$

$$I_{ав} = \frac{3700,9}{\sqrt{3} \times 10,5} = 203,7 \text{ А}$$

Выбираем выключатель типа ЗАН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.18 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n = 10 \text{ кВ}$ $I_n = 800 \text{ А}$ $I_{откл} = 16 \text{ кА}$ $I_{дин} = 40 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (16)^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 203,7 \text{ А}$ $I_{кз} = 7,2 \text{ кА}$ $i_{уд} = 18,5 \text{ кА}$ $W = (7,2)^2 \cdot 0,12 = 6,22 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Моторный пружинный привод	

Магистраль ГПП-(ТП5-ТП6):

$$S_p = \sqrt{(2835,4 + 47,1)^2 + (1331,1 + 244,2)^2} = 3284,9 \text{ кВА};$$

$$I_{ав} = \frac{3284,9}{\sqrt{3} \times 10,5} = 180,8 \text{ А};$$

Выбираем выключатель типа 3АН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.18 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n = 10 \text{ кВ}$ $I_n = 800 \text{ А}$ $I_{откл} = 16 \text{ кА}$ $I_{дин} = 40 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (16)^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$U = 10 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 180,8 \text{ А}$ $I_{кз} = 7,2 \text{ кА}$ $i_{уд} = 18,5 \text{ кА}$ $W = (7,2)^2 \cdot 0,12 = 6,22 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Моторный пружинный привод	

Выключатель к СД (участок каталитического крекинга):

$$S_{нсд} = 1666 \text{ кВА}; I_{сд} = 77,9 \text{ А}$$

Выбираем выключатель типа 3АН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.19 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_n = 10 \text{ кВ}$ $I_n = 800 \text{ А}$ $I_{откл} = 16 \text{ кА}$ $I_{дин} = 40 \text{ кА}$ $I^2 \cdot t = (16)^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$U = 10 \text{ кВ}$ $I_p = 77,9 \text{ А}$ $I_{кз} = 7,2 \text{ кА}$ $i_{уд} = 18,5 \text{ кА}$ $W = (7,2)^2 \cdot 0,12 = 6,22 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Моторный пружинный привод	

Выключатель к СД (пожарная насосная):

$S_{нсд}=833$  кВА;  $I_{сд}= 38,9$  А

Выбираем выключатель типа 3АН5122-1 – вакуумный силовой выключатель, производства Siemens.

Таблица 1.20 - Технические характеристики выключателя

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 10$ кВ	$U = 10$ кВ
$I_H = 800$ А	$I_p = 38,9$ А
$I_{откл} = 16$ кА	$I_{кз} = 7,2$ кА
$I_{дин} = 40$ кА	$i_{уд} = 18,5$ кА
$I^2 \cdot t = (16)^2 \cdot 4 = 1024$ кА <sup>2</sup> × с	$B = (7,2)^2 \cdot 0,12 = 6,22$ кА <sup>2</sup> × с
Моторный пружинный привод	

*Выбор трансформаторов тока.*

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки:  $U_{ном тт} \geq U_{ном уст-ки}$ ;
2. по току:  $I_{ном тт} \geq I_{расч}$ ;
3. по электродинамической стойкости:  $K_{дин} \geq \frac{i_{уд}}{\sqrt{2} \times I_{номтт}}$ ;
4. по вторичной нагрузке:  $S_{н2} \geq S_{нагр расч}$ ;

а) Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе:  $I_{ав}=631$ А

Таблица 1.21

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-395	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Примем трансформатор тока типа Т0Л-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.22 - Технические характеристики трансформатора тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ
$I_{ав} = 631$ А	$I_H = 800$ А
$i_{уд} = 18,5$ кА	$I_{дин} = 81$ кА
$S_{2p} = 10,4$ ВА	$S_{2H} = 20$ ВА

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.  
 Сопротивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}}$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом};$$

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{нтт}}}{I_2^2} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}.$$

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доп}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,8 - 0,26 - 0,1 = 0,44 \text{ Ом}.$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,44} = 0,42 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ;  $F = 2,5 \text{ мм}^2$ ;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,416 \times 5^2 = 10,4 \text{ ВА};$$

где  $R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,416 \text{ Ом}$

Выбираем трансформатор тока на секционном выключателе шин ГПП типа ТОЛ-10УЗ, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.23 - Измерительные приборы

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Итого		0,5	0,5	0,5

Таблица 1.24 - Технические характеристики трансформатора тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ
$I_{ав} = 315,5$ А	$I_H = 800$ А
$i_{уд} = 18,5$ кА	$I_{дин} = 81$ кА
$S_{2p} = 10,4$ ВА	$S_{2H} = 20$ ВА

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом};$$

$$r_{2H-ка} = \frac{S_{2HТГ}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{допр} = r_{2H} - r_{приб} - r_{кон} = 0,4 - 0,22 - 0,1 = 0,08 \text{ Ом};$$

$$q_{пров} = \frac{\rho \times L}{r_{доп}} = \frac{0,028 \times 5}{0,08} = 1,75 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ;  $F = 2,5 \text{ мм}^2$ ;

$$R_{пров} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,75} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,376 \times 5^2 = 9,4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{приб} + R_{пров} + R_{к-тов} = 0,22 + 0,056 + 0,1 = 0,376 \text{ Ом}.$$

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП1-ТП2):  $I_{ав} = 286,7$  А;

Выбираем трансформатор тока типа ТОЛ-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.25 - Технические характеристики трансформатора тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ
$I_{ав} = 286,7$ А	$I_H = 300$ А
$i_{уд} = 18,5$ кА	$I_{дин} = 52$ кА
$S_{2p} = 9,4$ ВА	$S_{2H} = 10$ ВА

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП3-ТП4):  $I_{ав} = 203,7$  А;

Выбираем трансформатор тока типа ТОЛ-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.26 - Технические характеристики трансформатора тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ
$I_{ав} = 203,7$ А	$I_H = 300$ А
$i_{уд} = 18,5$ кА	$I_{дин} = 52$ кА
$S_{2p} = 9,4$ ВА	$S_{2H} = 10$ ВА

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП5-ТП6):  $I_{ав}=180,8$  А;  
 Выбираем трансформатор тока типа Т0Л-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.27 - Технические характеристики трансформатора тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ
$I_{ав} = 180,8$ А	$I_H = 200$ А
$i_{уд} = 18,5$ кА	$I_{дин} = 52$ кА
$S_{2p} = 9,4$ ВА	$S_{2H} = 10$ ВА

Трансформатор тока и СД1:  $I_p=77,9$ А;  
 Выбираем трансформатор тока типа Т0Л-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.28 - Технические характеристики трансформатора тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ
$I_p = 77,9$ А	$I_H = 100$ А
$i_{уд} = 18,5$ кА	$I_{дин} = 52$ кА
$S_{2p} = 9,4$ ВА	$S_{2H} = 10$ ВА

Трансформатор тока и СД2:  $I_p=38,9$ А;  
 Выбираем трансформатор тока типа Т0Л-10У3, производитель Кентауский трансформаторный завод.

Таблица 1.29 - Технические характеристики трансформатора тока

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ
$I_{ав} = 38,9$ А	$I_H = 50$ А
$i_{уд} = 18,5$ кА	$I_{дин} = 52$ кА
$S_{2p} = 9,4$ ВА	$S_{2H} = 10$ ВА

### Выбор трансформаторов напряжения.

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки:  $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$ ;
2. по вторичной нагрузке:  $S_{\text{ном2}} \geq S_{2\text{расч}}$ ;
3. по классу точности
4. по конструкции и схеме соединения

Таблица 1.30

Прибор	Тип	$S_{\text{об-ки}}$ , ВА	Число об-к	$\cos\varphi$	Число приборов	$P_{\text{общ}}$ , Вт	$Q_{\Sigma}$ , вар
V	Э-335	2	2	1	2	4	-
W	Д-335	1,5	2	1	1	3	-
Var	И-335	1,5	2	1	1	3	-
Wh	СА3-И681	3 Вт	2	0,38	8	48	116
Varh	СР4-И689	3 вар	2	0,38	8	48	116
Итого						96	232

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{96^2 + 232^2} = 251 \text{ ВА.}$$

Принимаем ТН типа НАМИТ-10У3 [11].

Таблица 1.31 - Технические характеристики трансформатора напряжения

$U_{\text{нт}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{нт}} = 10 \text{ кВ}$
$S_{\text{н2}} = 300 \text{ кВА}$	$S_{\text{р2}} = 195 \text{ ВА}$
Схема соединения обмоток $Y_0/Y_0/\Delta_1-0$	

### Выбор силовых кабелей отходящих линий.

Выбор кабелей производится по следующим условиям:

1. по экономической плотности тока:  $F_3 = \frac{I_p}{\gamma_3}$ ;
2. по минимальному сечению  $F_{\text{min}} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{п}}}$ ;
3. по условию нагрева рабочим током  $I_{\text{доп каб}} \geq I_p$ ;
4. по аварийному режиму  $I_{\text{доп ав}} \geq I_{\text{ав}}$ ;

Выбираем кабель ГПП-ТП1-ТП2:

а) по экономической плотности тока:

$$F_3 = I_p / j_{\text{эк}} = 143,3 / 1,4 = 102,3 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель маркой ААШВ-10-(3×120);

б) проверим выбранный кабель по термической стойкости к  $I_{кз}$ , найдем минимальное сечение кабеля по  $I_{кз}$ :

$$F_{\min} = \alpha \times I_{кз} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 7,2 \times \sqrt{0,6} = 66,5 \text{ мм}^2;$$

принимаем  $F_{\min} = 70 \text{ мм}^2$ .

Окончательно принимаем кабель ААШВ-10-(3×120),  $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$ .

в) проверка по аварийному току:  $I_{\text{доп ав}} = 1,3 \times 265 = 344,5 \text{ А} > 286,7 \text{ А}$ ;

г) проверка по рабочему режиму с учетом поправочного коэффициента  $K_{\text{поп}}$ , зависящего от количества кабелей проложенных в одной траншее  $K_{\text{поп}} = 0,8$  (4 кабелей в траншее):

$$I_p / K_{\text{поп}} = 143,3 / 0,8 = 191 \text{ А} \quad (265 \text{ А} > 191 \text{ А}).$$

Условия выполняются, тогда окончательно принимаем кабель марки ААШВ-10-(3×120),  $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$ .

Все расчетные данные выбора остальных кабелей занесены в таблицу 1.32 – Кабельный журнал.

### *Выбор шин ГПП.*

Сечение шин выбирают по длительно допустимому току и экономической целесообразности. Проверку шин производят на электродинамическую и термическую стойкость к токам КЗ.

Выбираем твердотянутые алюминиевые шины прямоугольного сечения марки АТ-50×5;  $I_{\text{доп}} = 1025 \text{ А}$  (одна полоса на фазу),  $i_{\text{уд}} = 18,5 \text{ кА}$

а)  $I_{\text{доп}} = 860 \text{ А} \geq I_{\text{ав}} = 631 \text{ А}$ ;

б) проверка по термической стойкости к  $I_{кз}$

$$F_{\min} = \alpha \times I_{кз} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 7,2 \times \sqrt{1} = 86,4 \text{ мм}^2 < 250 \text{ мм}^2 \quad (50 \times 5 = 250 \text{ мм}^2);$$

в) проверка по динамической стойкости к  $i_{\text{уд кз}}$ :  $\sigma_{\text{доп}} = 650 \text{ кгс/см}^2$ :

$$f = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times 18,5^2 \times 50}{100} = 2,99 \text{ кгс};$$

$$W = 0,167 \times b \times h^2 = 0,167 \times 0,8 \times 5^2 = 3,34 \text{ см}^3$$



$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{f \times L}{10 \times W} = \frac{2,99 \times 50^2}{10 \times 3,34} = 223 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} < 650 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}.$$

где  $L=50$  см-расстояние между изоляторами;  
 $a=100$  см-расстояние между фазами;  
 $b=0,8$  см-толщина одной полосы;  
 $h=5$  см-ширина (высота) шины.

Из условия видно, что шины динамически устойчивы.

### *Выбор изоляторов.*

Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах, выбор которых производится по следующим условиям:

по номинальному напряжению:  $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$ ;

по допустимой нагрузке:  $F_{\text{доп}} \geq F_{\text{расч}}$ .

где  $F_{\text{расч}}$  – сила, действующая на изолятор;

$F_{\text{доп}}$  – допустимая нагрузка на головку изолятора,  $F_{\text{доп}} = 0,6 \times F_{\text{разруш}}$ ;

$F_{\text{разруш}}$  – разрушающая нагрузка на изгиб.

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times 18,5^2 \times 50}{100} = 29,6 \text{ кгс}.$$

Выбираем изолятор типа ОНШ-10-500У1,  $F_{\text{разруш}} = 500$  кгс.

$$F_{\text{доп}} = 0,6 \times F_{\text{разруш}} = 0,6 \times 500 = 300 \text{ кгс. } (> 29,6 \text{ кгс})$$

Условие выполняется.

Таблица 1.32 – Кабельный журнал

Наименование участка	S <sub>р</sub> , кВА	Кол-во кабелей в траншее	Нагрузка		По экономической плотности тока, мм <sup>2</sup>		По допустимой нагрузке, мм <sup>2</sup>		По току короткого замыкания, мм <sup>2</sup>		Выбранный кабель	I <sub>доп</sub> , А
			I <sub>р</sub> , А	I <sub>ав</sub> , А	j <sub>э</sub>	F <sub>э</sub>	K <sub>п</sub>	F <sub>доп</sub>	I <sub>к</sub> , А	S		
ГПП-(ТП1+ТП2)	5208,9	4	143,3	286,7	1,4	102,3	0,8	70	7,2	67,8	ААШВ-10-(3×120)	265
ГПП-(ТП3+ТП4)	3700,9	4	101,8	203,7	1,4	72,7	0,8	50	7,2	67,8	ААШВ-10-(3×95)	205
ГПП-(ТП5+ТП6)	3284,9	4	90,4	180,8	1,4	64,6	0,8	50	7,2	67,8	ААШВ-10-(3×70)	265
ТП1-ТП2	2604,4	2	71,6	143,3	1,4	51,1	0,9	25	7,2	67,8	ААШВ-10-(3×70)	165
ТП3-ТП4	1233,6	1	101,8	-	1,4	72,7	1	50	7,2	67,8	ААШВ-10-(3×95)	205
ТП5-ТП6	1094,9	1	90,4	-	1,4	64,6	1	50	7,2	67,8	ААШВ-10-(3×70)	165
ГПП-СД	1666	4	77,9	-	1,4	55,6	0,8	50	7,2	67,8	4 ААШВ-10-(3×70)	165
ГПП-СД	833	4	38,9	-	1,4	27,8	0,8	25	7,2	67,8	2 ААШВ-10-(3×70)	165

## **2 Проектирование светотехнической установки механического цеха**

Для механического цеха произвести светотехнический и электротехнический расчет электроосветительной установки. Выполнить следующие мероприятия:

- 1) выбрать источники света;
- 2) выбрать вид и систему освещения;
- 3) выбрать освещенность и коэффициент запаса;
- 4) выбрать тип и произвести размещение светильников;
- 5) рассчитать мощность осветительной установки цеха по методу коэффициента использования светового потока с проверкой по методу удельной мощности и точечным методом;
- 6) электротехнический расчет.

### **2.1 Выбор источников света**

Источниками света массового применения являются лампы накаливания (ЛН), люминесцентные лампы (ЛЛ), лампы дуговые ртутные люминесцентные (ДРЛ).

ЛН – применяются практически в любых условиях.

ЛЛ в следующих случаях:

- 1) в помещениях, где работа связана с большим и длительным напряжением;
- 2) в помещениях, где выполняются работы, связанные с распознаванием цветовых оттенков.
- 3) в производственных помещениях без естественного света, если они предназначены для длительного пребывания людей.
- 4) по архитектурно-художественным соображениям.

Учитывая вышеизложенное выбираем:

- для механического участка – лампы ДРЛ;
- для комнаты мастера – ЛЛ;
- для гардероба – лампы ЛН;
- для склада – лампы ЛН.

### **2.2 Выбор вида и системы освещения**

Согласно СНиП П-4-79 существует четыре вида освещения:

1. Рабочее освещение – обеспечивает необходимые условия при нормальном режиме работы осветительных установок. Обязательно во всех помещениях.

2. Охранное освещение – это разновидность рабочего освещения, устраиваемое по линии охраняемых границ территорий промышленных предприятий.

3. Аварийное освещение – обеспечивает минимально необходимые условия освещения для продолжения работ при временном погашении рабочего освещения в помещениях и на открытых пространствах в случаях, когда отсутствие искусственного освещения может вызвать тяжелые последствия для людей, производственных процессов, жизненных центров предприятия.

4. Эвакуационное освещение – служит для безопасной эвакуации людей из помещений и открытых пространств при аварийном погашении рабочего освещения. Оно необходимо во всех производственных помещениях с числом работающих более 50 человек и в остальных помещениях с числом работающих более 100 человек, а также по путям эвакуации людей из помещений.

Учитывая вышеизложенное, выбираем для всего цеха рабочее и аварийное освещение. Эвакуационное освещение выбираем для всего цеха за исключением комнат мастера, гардероба и склада.

Система освещения – общее равномерное, учитывая технологию производства, равномерное размещение рабочих мест.

### **2.3 Выбор освещенности и коэффициента запаса**

Для количественной оценки освещенности, т.е. отношением светового потока, падающего на поверхность, и площади этой поверхности:  $E=F/S$ ;

Поскольку нормированные значения освещенности должны быть обеспечены во все время нормальной эксплуатации установки, а ряд причин вызывает постепенное уменьшение освещенности, начальная освещенность должна быть больше нормированной, т.е. равна последней, умноженной на коэффициент запаса  $K_z$ , значения которого регламентированы СНиП.

$K_z$  учитывает снижение потока источников света к концу срока службы, запыление светильников, старение их, т.е. ухудшение характеристик, не восстанавливаемое очисткой, и снижение коэффициентов отражения стен и потолков помещений. Необходимый  $K_z$  зависит от количества и характера пыли в воздухе, степени старения данного типа источников света, типа светильников, периодичности их очистки.  $K_z = 1,3 \div 2$

Для удобства последующих расчетов, сведем значения освещенности и коэффициента запаса для всех комнат рассчитываемого цеха в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Наименование помещений	Освещенность Е, Лк	Коэффициент запаса, Кз	Тип лампы
Механический участок	300	1,5	ДРЛ
Комната мастера	150	1,5	ЛЛ
Гардероб	50	1,3	ЛН
Склад	30	1,3	ЛН

## 2.4 Выбор типа светильников и размещение светильников

При выборе типа светильников, в первую очередь следует установить условия среды в помещении, для которого проектируется осветительная установка. Определение условий среды производится в соответствии с ПУЭ технологами и электриками. Выбор типа светильника производится с учетом энергетической и экономической эффективности осветительной установки.

В соответствии с этим принимаем:

а) для механического участка выбираем светильники типа РСПО7 с ДРЛ;

б) для склада и гардероба светильники типа НСП 07 с ЛН;

в) в комнате мастера светильники типа ПВЛМ-2 с ЛЛ;

Размещение светильников общего освещения должно быть равномерным и локализованным.

Размещение светильников также зависит и от высоты помещения  $H$ , высоты подвеса светильников –  $h_c$ , высоты от пола до светильников  $h_p$ .

При этом нужно учитывать доступность для обслуживания светильников.

Исходя из этого выбираем размещение светильников:

а) механический участок - пятирядное;

б) комната мастера - двухрядное;

в) гардероб – двухрядное;

г) склад – двухрядное.

## 2.5 Расчет мощности осветительной установки

1) Механический участок

$h_c = 1\text{ м}$  – высота подвеса светильника;

$H = 9\text{ м}$  – высота помещения;

$h_p$  – высота от светильника до пола:

$h_p = H - h_c = 9 - 1 = 8\text{ м}$

размеры помещения:  $42 \times 18 \times 8$ ,  $S = 756\text{ м}^2$

а) Метод коэффициента использования – позволяет определить световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности при общем равномерном освещении:

$$\Phi_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{min}} \times K_z \times S \times Z}{N \times \eta}, \quad (2.1)$$

где  $\Phi_{\text{расч}}$  – расчетный световой поток в каждой из ламп, Лм;  
 $E_{\text{min}}$  – минимальная освещенность, лк;  
 $K_z$  – коэффициент запаса;  
 $S$  – площадь помещения, м;  
 $N$  – число светильников  
 $\eta$  – коэффициент использования светового потока;  
 $Z = 1,1 \div 1,2$  – отношение средней освещенности к минимальной.

Для определения  $\eta$ -коэффициента использования необходимо рассчитать индекс помещения:

$$i = \frac{A \times B}{H_p(A+B)} = \frac{756}{8 \times (42+18)} = 1,5;$$

где  $A$  – длина помещения;  
 $B$  – ширина помещения.

По таблице из справочника определяем  $\eta=46\%$  при  $\rho_{\text{п}}=50\%$ ;  $\rho_{\text{с}}=30\%$ ;  $\rho_{\text{р}}=10\%$ ,

где  $\rho_{\text{п}}$  – коэффициент отражения потолка,  
 $\rho_{\text{с}}$  – коэффициент отражения стен,  
 $\rho_{\text{р}}$  – коэффициент отражения пола.

Определим расчетный световой поток:

$$\Phi_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{min}} \times K_z \times S \times Z}{N \times \eta} = \frac{300 \times 1,5 \times 756 \times 1,1}{41 \times 0,46} = 18000 \text{ Лм}$$

По справочнику выбираем лампы ДРЛ-400,  $\Phi_{\text{л}} = 19000 \text{ Лм}$ ,  $P_{\text{л}} = 400 \text{ Вт}$ .  
Отклонение от нормы:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{расч}} - \Phi}{\Phi_{\text{расч}}} \times 100\% = \frac{19841 - 19000}{19841} \times 100\% = 4,2\%$$

что находится в норме (допускается от  $-10\%$  до  $+20\%$ )

$$P_{\text{уд}} = \frac{P \times N}{S} = \frac{400 \times 41}{756} = 21,6 \text{ Вт/м}^2$$

б) Проверка расчетной мощности методом удельной мощности.  
 $N = 41$  шт,  $P_{уд} = 6,8 \text{ Вт/м}^2$  при  $E = 100 \text{ лк}$ ,  $K_3 = 1,5$   
 Пересчитываем для  $E = 300 \text{ лк}$ ,  $K_3 = 1,5$

$$P_{уд} = \frac{6,8 \times 3 \times 1,5}{1,5} = 20,4 \text{ Вт/м}^2$$

$$P = \frac{P_{уд} \times S}{N} = \frac{20,4 \times 756}{41} = 376 \text{ Вт}$$

принимаем лампы ДРЛ-400,  $P_{л} = 400 \text{ Вт}$ .

в) Проверка точечным методом – дает возможность определить световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности, при любом расположении поверхности и светильников:

$$\Phi_{расч} = \frac{1000 \times E_{min} \times K_3}{\mu \times \Sigma e}, \quad (2.2)$$

где  $\Phi_{расч}$  – расчетная величина светового потока лампы, лм;

$E_{min}$  – минимальная освещенность, лк;

$K_3$  – коэффициент запаса;

$\mu = 1,1 \div 1,2$  – коэффициент, учитывающий отраженную составляющую;

$\Sigma e$  – суммарная освещенность для наилучшей точки.

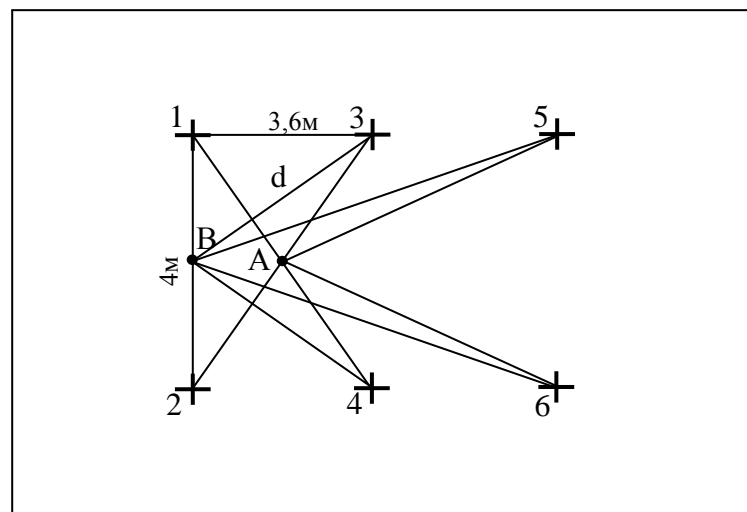


Рисунок 2.1 – Расположение светильников

По расстоянию  $d$  от освещаемой точки до светильника и расчетной высоте определяем суммарную условную освещенность  $\Sigma e$ .

Таблица 2.2

Точка	№ светильника	Расстояние d, м	Условная освещенность	
			От одного светильника, лк	От всех светильников $\Sigma e$ , лк
А	1,2,3,4	2,6	4,5	18
	5,6	5,7	2,5	5
				$\Sigma e=23$
В	1,2	2	5	10
	3,4	4,1	3	6
	5,6	7,4	1,3	2,6
				$\Sigma e=18,6$

По освещенности в худших условиях находится точка В.  
По освещенности которой определяем необходимый поток:

$$\Phi = \frac{1000 \times 300 \times 1,5}{1,2 \times 18,6} = 20161 \text{ Лм};$$

Принимаем лампы ДРЛ-400  $\Phi_{\text{л}} = 19000 \text{ Лм}$ ,  $P_{\text{л}} = 400 \text{ Вт}$ .

Отклонение от нормы:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{расч}} - \Phi}{\Phi_{\text{расч}}} \times 100\% = \frac{20161 - 19000}{20161} \times 100\% = 5,7\% ,$$

что входит в пределы

$$E = \frac{\Phi \times \mu \times \Sigma e}{1000 \times K_3} = \frac{19000 \times 1,2 \times 18,6}{1000 \times 1,5} = 282 \text{ лк.}$$

Расчет по всем трем методам показывает, что для этого участка цеха наиболее подходят лампы ДРЛ-400 с  $\Phi_{\text{л}} = 19000 \text{ Лм}$ ,  $P_{\text{л}} = 400 \text{ Вт}$ .

2) Комната мастеров

$h_c = 1 \text{ м}$  – высота подвеса светильника;

$H = 4 \text{ м}$  – высота помещения;

$H_p$  – высота от светильника до пола:

$H_p = H - h_c = 4 - 1 = 3 \text{ м}$

размеры помещения:  $6 \times 6 \times 4$ ,  $S = 36 \text{ м}^2$



а) Метод коэффициента использования:

Для определения  $\eta$ -коэффициента использования необходимо рассчитать индекс помещения:

$$i = \frac{A \times B}{H_p(A \times B)} = \frac{36}{3 \times (6 + 6)} = 1;$$

По таблице из справочника определяем  $\eta=45\%$  при  $\rho_p=70\%$ ;  $\rho_c=50\%$ ;  $\rho_r=10\%$ ,

Определим расчетный световой поток:

$$\Phi_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{min}} \times K_z \times S \times Z}{N \times \eta} = \frac{150 \times 1,5 \times 36 \times 1,2}{4 \times 0,45} = 5400 \text{ Лм}$$

По справочнику выбираем 2 лампы ЛБР-40,  $\Phi_{\text{л}}=2 \times 2850=5700 \text{ Лм}$ ,  $P_{\text{л}}=40 \text{ Вт}$ .

Отклонение от нормы:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{расч}} - \Phi}{\Phi_{\text{расч}}} \times 100\% = \frac{5400 - 5700}{5400} \times 100\% = -5,5\%$$

что находится в норме (допускается от  $-10\%$  до  $+20\%$ )

$$P_{\text{уд}} = \frac{P \times N}{S} = \frac{2 \times 40 \times 4}{36} = 8,8 \text{ Вт/м}^2$$

б) Проверка расчетной мощности методом удельной мощности.

$N = 4$  шт,  $P_{\text{уд}} = 8,6 \text{ Вт/м}^2$  при  $E = 100 \text{ лк}$ ,  $K_z = 1,5$

Пересчитываем для  $E = 150 \text{ лк}$ ,  $K_z = 1,5$

$$P_{\text{уд}} = \frac{8,6 \times 1,5 \times 1,5}{1,5} = 12,9 \text{ Вт/м}^2$$

$$P = \frac{P_{\text{уд}} \times S}{N} = \frac{12,9 \times 36}{8} = 58 \text{ Вт}$$

принимает лампы ЛБР-40,  $P_{\text{л}}=40 \text{ Вт}$ .

в) Проверка точечным методом:

Характеристиками светящихся линий являются продольная и поперечная кривые силы света элементов, образующих линию, и линейная плотность светового потока –  $\Phi/$ .

Поперечная кривая задается каталожными данными.

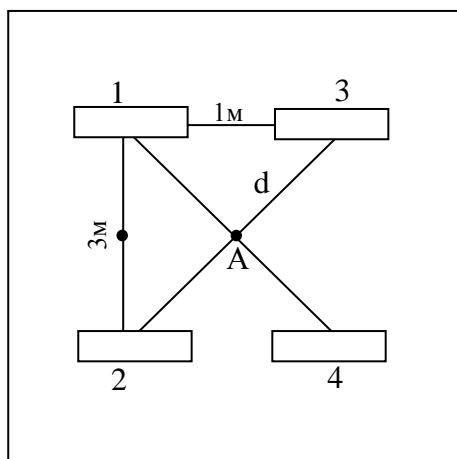


Рисунок 2.2 – Расположение светильников

Определим  $\Sigma\varepsilon$ .

Таблица 2.3

Полуряд	$p$	$L$	$p/$	$L/$	$\Sigma\varepsilon$
1,2,3,4	1,5	2	0,5	0,7	$4 \times 45$
					$\Sigma\varepsilon=180$

Принимая  $\mu = 1,1$ , находим:

$$\Phi' = \frac{1000 \times 150 \times 1,5 \times 3}{1,1 \times 180} = 3409 \text{ Лм/м}$$

В каждом ряду полный поток ламп должен составлять:  $3409 \times 6 = 20454 \text{ Лм}$

На одну лампу приходится:  $20454 / 8 = 2556 \text{ лм}$

Выбираем ЛЛ 2×ЛБР 40-4 с  $\Phi_{\text{л}} = 2 \times 2850 = 5700 \text{ Лм}$ ,  $P_{\text{л}} = 40 \text{ Вт}$ .

Отклонение от нормы:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{расч}} - \Phi}{\Phi_{\text{расч}}} \times 100\% = \frac{2556 - 2850}{2556} \times 100\% = -9,1\%;$$

$$E = \frac{\Phi' \times \mu \times \Sigma\varepsilon}{1000 \times K_3 \times h} = \frac{3409 \times 1,1 \times 180}{1000 \times 1,5 \times 3} = 149 \text{ Лк}$$

Расчет по всем трем методам показывает, что для этого участка цеха наиболее подходят лампы ЛБР-2×40 с  $\Phi_{\text{л}} = 5700 \text{ Лм}$ ,  $P_{\text{л}} = 40 \text{ Вт}$ .

3) Гардероб

$h_c = 1 \text{ м}$  – высота подвеса светильника;

$H = 4\text{ м}$  – высота помещения;  
 $H_p$  – высота от светильника до пола:  
 $H_p = H - h_c = 4 - 1 = 3\text{ м}$   
размеры помещения:  $6 \times 6 \times 4$ ,  $S = 36\text{ м}^2$

а) Метод коэффициента использования:

Для определения  $\eta$ -коэффициента использования необходимо рассчитать индекс помещения:

$$i = \frac{A \times B}{H_p(A+B)} = \frac{36}{3 \times (6+6)} = 1;$$

По таблице из справочника определяем  $\eta = 54\%$  при  $\rho_p = 70\%$ ;  $\rho_c = 50\%$ ;  $\rho_r = 10\%$ ,

Определим расчетный световой поток:

$$\Phi_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{min}} \times K_z \times S \times Z}{N \times \eta} = \frac{50 \times 1,3 \times 36 \times 1,2}{4 \times 0,54} = 1300 \text{ Лм}$$

По справочнику выбираем лампы ЛБ-100,  $\Phi_{\text{л}} = 1350\text{ Лм}$ ,  $P_{\text{л}} = 100\text{ Вт}$ .  
Отклонение от нормы:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{расч}} - \Phi}{\Phi_{\text{расч}}} \times 100\% = \frac{1300 - 1350}{1300} \times 100\% = -3,8\%$$

что находится в норме (допускается от  $-10\%$  до  $+20\%$ )

$$P = \frac{P_{\text{уд}} \times N}{S} = \frac{100 \times 4}{36} = 11,1 \text{ Вт/м}^2$$

б) Проверка расчетной мощности методом удельной мощности.

$N = 4$  шт,  $P_{\text{уд}} = 12,9\text{ Вт/м}^2$  при  $E = 50\text{ лк}$ ,  $K_z = 1,3$

$$P = \frac{P_{\text{уд}} \times S}{N} = \frac{12,9 \times 36}{4} = 116,1 \text{ Вт}$$

принимая лампы ЛБ-200,  $P_{\text{л}} = 200\text{ Вт}$ .

в) Проверка точечным методом:

По расстоянию  $d$  от освещаемой точки до светильника и расчетной высоте определяем суммарную условную освещенность  $\Sigma e$ .

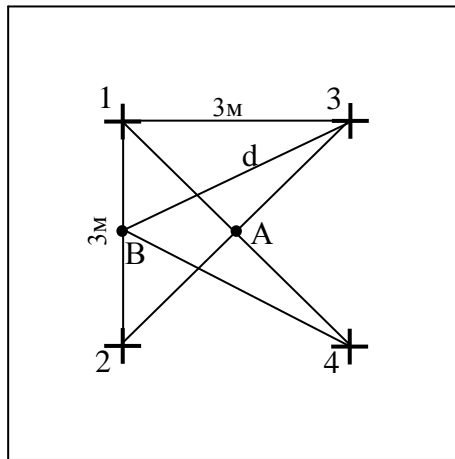


Рисунок 2.3 – Расположение светильников

Точки 1,2,3,4:  $d=2,1\text{м}$   
 $\Sigma e=4 \times 11=44\text{ лк}$

$$\Phi = \frac{1000 \times 50 \times 1,3}{1,1 \times 44} = 1342\text{ Лм};$$

Принимаем лампы ЛБ-100  $\Phi_{\text{л}} = 1350\text{Лм}$ ,  $P_{\text{л}} = 100\text{Вт}$ .  
 Отклонение от нормы:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{расч}} - \Phi}{\Phi_{\text{расч}}} \times 100\% = \frac{1342 - 1350}{1342} \times 100\% = -0,5\% ,$$

что входит в пределы

$$E = \frac{\Phi \times \mu \times \Sigma e}{1000 \times K_3} = \frac{1350 \times 1,1 \times 44}{1000 \times 1,3} = 51\text{ лк}.$$

Расчет по всем трем методам показывает, что для этого участка цеха наиболее подходят лампы ЛБ-100 с  $\Phi_{\text{л}}=1350\text{Лм}$ ,  $P_{\text{л}}=100\text{Вт}$ .

#### 4) Склад

$h_c = 1\text{м}$  – высота подвеса светильника;

$H = 4\text{м}$  – высота помещения;

$H_p$  – высота от светильника до пола:

$$H_p = H - h_c = 4 - 1 = 3\text{м}$$

размеры помещения:  $6 \times 6 \times 4$ ,  $S=36\text{м}^2$

#### а) Метод коэффициента использования:

Для определения  $\eta$ -коэффициента использования необходимо рассчитать индекс помещения:

$$i = \frac{A \times B}{H_p(A \times B)} = \frac{36}{3 \times (6 + 6)} = 1;$$

По таблице из справочника определяем  $\eta=54\%$  при  $\rho_p=70\%$ ;  $\rho_c=50\%$ ;  $\rho_r=10\%$ ,

Определим расчетный световой поток:

$$\Phi_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{min}} \times K_3 \times S \times Z}{N \times \eta} = \frac{30 \times 1,3 \times 36 \times 1,2}{4 \times 0,54} = 780 \text{ Лм}$$

По справочнику выбираем лампы ЛБ-60,  $\Phi_{\text{л}}=790\text{Лм}$ ,  $P_{\text{л}}=60\text{Вт}$ .  
Отклонение от нормы:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{расч}} - \Phi}{\Phi_{\text{расч}}} \times 100\% = \frac{780 - 790}{780} \times 100\% = -1,2\%$$

что находится в норме (допускается от  $-10\%$  до  $+20\%$ )

$$P = \frac{P_{\text{уд}} \times N}{S} = \frac{60 \times 4}{36} = 6,6 \text{ Вт/м}^2$$

б) Проверка расчетной мощности методом удельной мощности.  
 $N = 4\text{шт}$ ,  $P_{\text{уд}} = 8,6\text{Вт/м}^2$  при  $E = 30\text{лк}$ ,  $K_3 = 1,3$

$$P = \frac{P_{\text{уд}} \times S}{N} = \frac{8,6 \times 36}{4} = 77,4 \text{ Вт}$$

принимаем лампы ЛБ-60,  $P_{\text{л}}=60\text{Вт}$ .

в) Проверка точечным методом:

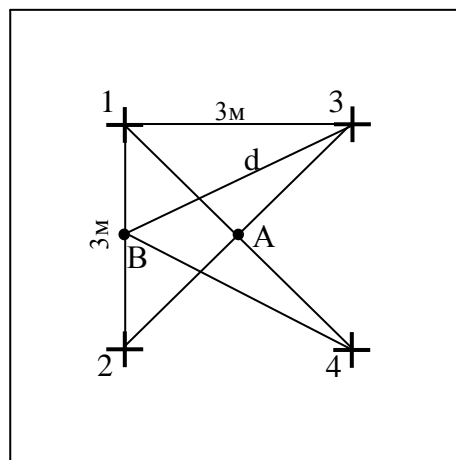


Рисунок 2.4 – Расположение светильников

По расстоянию  $d$  от освещаемой точки до светильника и расчетной высоте определяем суммарную условную освещенность  $\Sigma e$ .

Точки 1,2,3,4:  $d=2,1\text{м}$

$\Sigma e=4\times 11=44\text{ лк}$

$$\Phi = \frac{1000 \times 30 \times 1,3}{1,1 \times 44} = 805 \text{ Лм};$$

Принимаем лампы ЛБ-60  $\Phi_{\text{л}} = 790\text{Лм}$ ,  $P_{\text{л}} = 60\text{Вт}$ .

Отклонение от нормы:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{расч}} - \Phi}{\Phi_{\text{расч}}} \times 100\% = \frac{805 - 790}{805} \times 100\% = 1,8\% ,$$

что входит в пределы

$$E = \frac{\Phi \times \mu \times \Sigma e}{1000 \times K_3} = \frac{790 \times 1,1 \times 44}{1000 \times 1,3} = 29 \text{ лк}.$$

Расчет по всем трем методам показывает, что для этого участка цеха наиболее подходят лампы ЛБ-60 с  $\Phi_{\text{л}} = 790\text{Лм}$ ,  $P_{\text{л}} = 60\text{Вт}$ .

Все расчеты сведем в светотехническую ведомость (таблица 2.4).

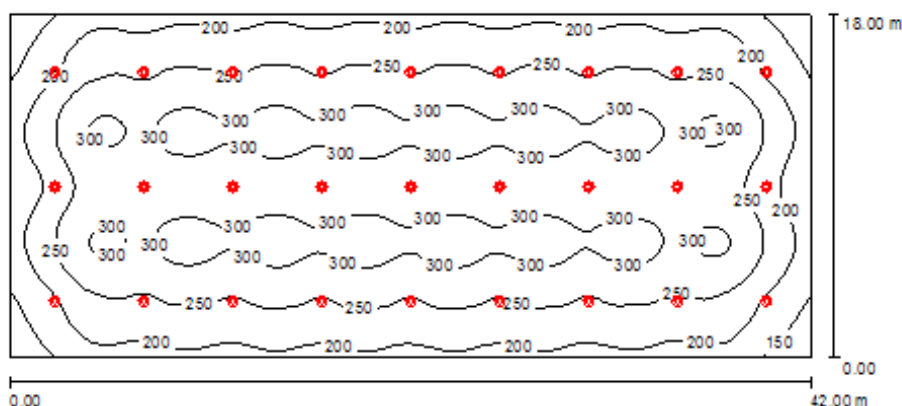
## 2.6 Расчет осветительной установки с помощью специальной программы DIALux

Проект 1

**DIALux**  
31.05.2010

Оператор  
Телефон  
Факс  
Электронная почта

### Термическое отделение / Вывод результатов в один лист



Высота помещения: 8.000 m, Монтажная высота: 7.500 m, Показатель техосаждения: 0.80      Значения в Lux, Масштаб 1:301

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	254	111	322	0.44
Полы	10	245	109	308	0.44
Потолок	50	46	31	83	0.68
Стенки (4)	30	89	47	169	/

#### Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m  
Растр: 128 x 64 Точки  
Кривая зона: 0.000 m

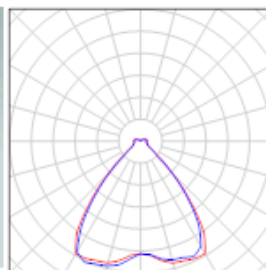
#### Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	27	DIAL 16 Cyber Deco (1.000)	19000	270.0
			Всего: 513000	7290.0

Удельная подсоединенная мощность:  $9.64 \text{ W/m}^2 = 3.80 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Поверхность основания:  $756.00 \text{ m}^2$ )

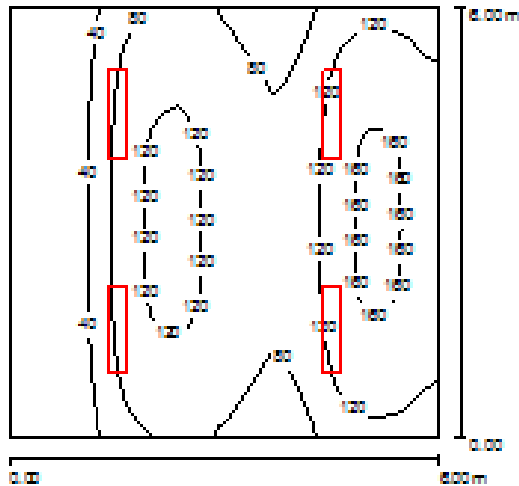
### Термическое отделение / Ведомость светильников

- 27 DIAL 16 Cyber Deco  
Шт. № изделия: 16  
Световой поток от светильников: 19000 lm  
Мощность светильников: 270.0 W  
Классификация светильников по CIE: 92  
CIE Flux Code: 75 91 96 92 60  
Комплектация: 1 x HIE 250W beschichtet (Поправочный коэффициент 1.000).



Специал  
Телефон  
Факс  
Электронная почта

### Комната мастеров / Вывод результатов в один лист



Высота помещения: 4.000 m, Монтажная высота: 4.000 m, Показатель потерь: 0.80, Значения в Lux, Масштаб: 1:75

Поверхность	$\rho$ (%)	$E_{sp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{sp}$
Рабочая плоскость	/	90	15	180	0.16
Полы	10	79	15	133	0.19
Потолок	70	22	12	34	0.54
Стены (4)	50	55	12	100	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m  
 Растр: 84 x 84 Точки  
 Кривизна: 0.000 m

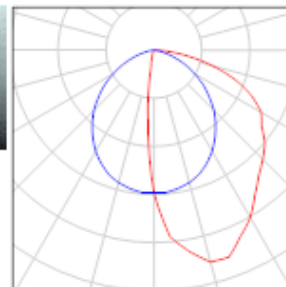
Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	DIAL 1 SINOVA (1.000)	2350	36.0
			<b>Всего:</b> 9400	<b>144.0</b>

Удельная подсвечиваемая мощность: 4.00 W/m<sup>2</sup> = 4.21 W/m<sup>2</sup> \* 100 lx (Поверхность основания: 36.00 m<sup>2</sup>)

### Комната мастеров / Ведомость светильников

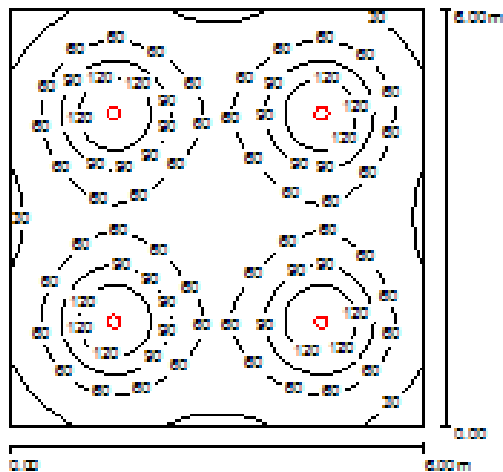
4 Шт. DIAL 1 SINOVA  
 № изделия: 1  
 Световой поток от светильников: 2350 lm  
 Мощность светильников: 36.0 W  
 Классификация светильников по CIE:  
 100  
 CIE Flux Code: 47 77  
 95 100 73  
 Комплектация: 1 x T26  
 36W (Поправочный коэффициент 1.000).





Специер  
Телефон  
Факс  
Электронная почта

### Гардероб / Вывод результатов в один лист



Высота помещения: 4.000 m, Монтажная высота: 2.500 m, Коэффициент потерь: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:10

Поверхность	$\rho$ (%)	$E_{sp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{sp}$
Рабочая плоскость	/	80	10	147	0.20
Полы	20	80	20	92	0.41
Потолок	70	10	1.00	21	0.60
Стены (4)	50	14	1.00	21	/

Рабочая плоскость:	УСМ	Зеркало	Потолок	Кол-во светильников
Высота: 0.850 m	Левая стена	10	10	
Расст: 128 x 128 Точки	Правая стена	10	10	
Кривая зона: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

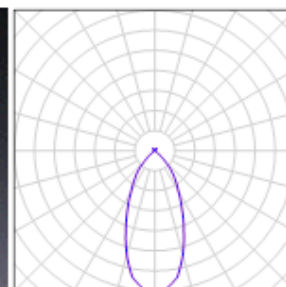
#### Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Ф [lm]	P [W]
1	4	DIAL 8 Corcovado, 1 A60 100W, NONE (1.000)	1380	100.0
			<b>Всего:</b> 5520	<b>400.0</b>

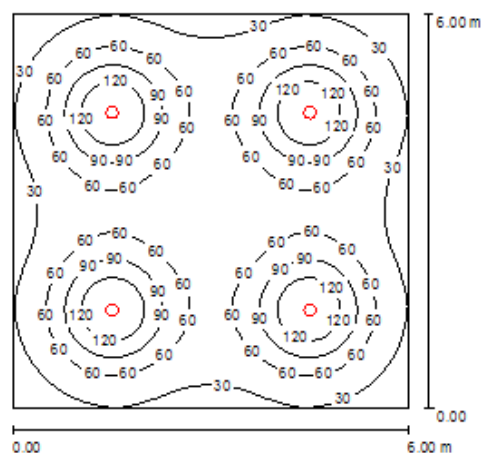
Удельная подвешенная мощность: 11.11 W/m<sup>2</sup> = 10.00 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Поверхность основания: 36.00 m<sup>2</sup>)

### Гардероб / Ведомость светильников

4 Шт. DIAL 8 Corcovado, 1  
A60 100W, NONE  
№ изделия: 8  
Световой поток от  
светильников: 1380 lm  
Мощность  
светильников: 100.0 W  
Классификация  
светильников по CIE:  
92  
CIE Flux Code: 91 100  
100 92 58  
Комплектация: 1 x  
A60/m 100W  
(Поправочный  
коэффициент 1.000).



## Склад / Вывод результатов в один лист



Высота помещения: 4.000 m, Монтажная высота: 3.500 m, Показатель техосаждения: 0.80      Значения в Lux, Масштаб 1:78

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	$E_{\text{min}}$ [lx]	$E_{\text{max}}$ [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	62	13	143	0.21
Полы	10	55	18	87	0.32
Потолок	50	8.41	3.48	16	0.41
Стенки (4)	30	9.17	2.96	21	/

Рабочая плоскость:	UGR	Вдоль-	Поперек	К оси светильников
Высота: 0.850 m	Левая стенка	14	14	
Растр: 128 x 128 Точки	Нижняя стенка	14	14	
Кривая зона: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

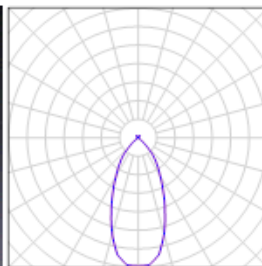
## Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	DIAL 8 Corcovado, 1 A60 100W, NONE (1.000)	1380	100.0
			Всего: 5520	400.0

Удельная подсоединенная мощность:  $11.11 \text{ W/m}^2 = 18.04 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Поверхность основания:  $36.00 \text{ m}^2$ )

## Склад / Ведомость светильников

4 Шт. DIAL 8 Corcovado, 1  
A60 100W, NONE  
№ изделия: 8  
Световой поток от  
светильников: 1380 lm  
Мощность  
светильников: 100.0 W  
Классификация  
светильников по CIE:  
92  
CIE Flux Code: 91 100  
100 92 58  
Комплектация: 1 x  
A60/m 100W  
(Поправочный  
коэффициент 1.000).



## 2.7 Электротехнический расчет

При выборе источников питания необходимо учитывать требования к уровню и постоянству напряжения. Напряжение на лампах должно быть не выше 105% и не ниже 97,5% номинального.

Нормальным является питание освещения от общих с силовой нагрузкой трансформаторов 380/220 В, дающие экономию по годовым затратам от 20 до 40%.

Для повышения надежности питания рабочего и аварийного освещения схемы сетей секционируются и питаются от различных трансформаторов одной или разных подстанций, оборудуются устройствами автоматического переключения на резервный источник (АВР).

Осветительная сеть состоит из питающих и групповых линий. Аппараты управления и защиты питающих линий устанавливаются в местах присоединений линий к щиткам, магистралям или силовым пунктам.

Расчет электрической сети освещения.

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{уст.}} \times K_c \times K_{\text{п}},$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент потерь в ПРА.

Механический участок:

$$P_{\text{расч}} = 9 \times 400 \times 1,1 \times 1 = 3960 \text{ Вт.}$$

Комната мастеров:

$$P_{\text{расч}} = 2 \times 4 \times 40 \times 1,3 \times 1 = 416 \text{ Вт.}$$

Гардероб:

$$P_{\text{расч}} = 4 \times 100 \times 1 \times 1 = 400 \text{ Вт.}$$

Склад:

$$P_{\text{расч}} = 4 \times 60 \times 1 \times 1 = 240 \text{ Вт.}$$

$$P_{\text{расч.щ.о.}} = 18040 + 416 + 400 + 240 = 19096 \text{ Вт.}$$

Расчет по току нагрузки

Расчетный ток четырехпроводной линии при включении лампы на фазное напряжение.

Для групп светильников:

$$I_p = \frac{P_p}{3 \times U_c \times \cos \varphi}$$

а) Выбор питающей линии ЩО

Длина питающей линии от шин цехового ТП до щитка освещения в цехе  $L = 100$  м.

$$I_{рщ.о.} = \frac{19096}{3 \times 220 \times 0,9} = 32 \text{ А}$$

Принимаем кабель марки АВВГ-3(1×35) при  $\Delta U = 1,4\%$ . Проверка по допустимому току:  $I_{доп} = 110 \text{ А} > 32 \text{ А}$ .

б) Механический участок

$$I_p = \frac{3960}{3 \times 220 \times 0,9} = 6,6 \text{ А}$$

Выбираем провод АПВ-3(1×6) при  $\Delta U = 0,6\%$ .  
Проверка по допустимому току:  $I_{доп} = 39 \text{ А} > 6,6 \text{ А}$ .

в) Комната мастеров

$$I_p = \frac{416}{220 \times 0,9} = 2,1 \text{ А}$$

Выбираем провод АПВ-4(1×2,5) при  $\Delta U = 0,4\%$ .  
Проверка по допустимому току:  $I_{доп} = 19 \text{ А} > 2,1 \text{ А}$ .

г) Гардероб

$$I_p = \frac{400}{220 \times 0,9} = 2 \text{ А}$$

Выбираем провод АПВ-4(1×2,5) при  $\Delta U = 0,4\%$ .  
Проверка по допустимому току:  $I_{доп} = 19 \text{ А} > 2 \text{ А}$ .

д) Склад

$$I_p = \frac{240}{220 \times 0,9} = 1,2 \text{ А}$$

Выбираем провод АПВ-4(1×2,5) при  $\Delta U = 0,4\%$ .  
Проверка по допустимому току:  $I_{\text{доп}} = 19 \text{ А} > 1,2 \text{ А}$ .

Выбор типа и места установки щитков рабочего и аварийного освещения.

Для рабочего освещения:  $I_p = 34 \text{ А}$   
ЩО31-32 с автоматом на вводе ВА51-31 ( $I_n = 100 \text{ А}$ ), автоматы на отходящих линиях ВА51-25 ( $I_n = 6 \div 25 \text{ А}$ ).

Для аварийного освещения:  $I_p = 0,48 \text{ А}$   
ЩО31-21 с автоматом на вводе ВА51-31 ( $I_n = 100 \text{ А}$ ), автоматы на отходящих линиях ВА51-25 ( $I_n = 6 \div 25 \text{ А}$ ).

Оба щитка установлены слева от входа, на высоте 1,5 м от пола.  
Расчет защиты сети.

Условия защиты:

а)  $I_n \cdot \text{авт} \geq I_p$ ; б)  $I_n \cdot \text{расц.} \geq I_{\text{расч}}$

Выбираем автоматы:

б) термическое отделение  
ВА51-25  $I_p = 6,6 \text{ А}$ ;  $I_n \cdot \text{ав} = 25 \text{ А}$ ;  $I_p = 10 \text{ А}$ .

в) комната мастеров  
ВА51-25  $I_p = 2,1 \text{ А}$ ;  $I_n \cdot \text{ав} = 25 \text{ А}$ ;  $I_p = 6,3 \text{ А}$ .

г) гардероб  
ВА51-25  $I_p = 2 \text{ А}$ ;  $I_n \cdot \text{ав} = 25 \text{ А}$ ;  $I_p = 6,3 \text{ А}$ .

д) склад  
ВА51-25  $I_p = 1,2 \text{ А}$ ;  $I_n \cdot \text{ав} = 25 \text{ А}$ ;  $I_p = 6,3 \text{ А}$ .

Таблица 2.4 – Светотехническая ведомость расчета освещения методом коэффициента использования и его проверки по удельной мощности и точечным методом

№	Наименование помещения	Размеры помещения, м			Вид и система освещения	Число и тип светильников	Коэффициент запаса	Коэффициент отражения, %			Нормируемая освещенность, лк	Коэффициент использования	Световой поток лампы, лм	Мощность лампы, Вт	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>		Освещенность по точечному методу, лк	Тип лампы
		Длина	Ширина	Высота				потолок	стен	рабочей поверхности					по методу коэффициента использования	по методу удельной мощности		
1	Механический участок	36	18	8	Р, Э, А, О	41 РСПО7	1,5	50	30	10	300	48	19000	400	21,6	20,46	282	ДРЛ
2	Комната мастера	6	6	4	Р, О	4 ПВЛМ-2	1,5	70	50	10	150	45	2850	40	8,8	8,6	149	ЛЛ
3	Гардероб	6	6	4	Р, О	4 НСПО7	1,3	70	50	30	50	54	1350	100	11,1	12,9	51	ЛН
4	Склад	6	6	4	Р, О	4 НСПО7	1,3	70	50	30	30	54	790	60	6,6	8,6	29	ЛН

Р – рабочее; Э – эвакуационное; А – аварийное; О – общее, равномерное

### **3 Безопасность жизнедеятельности**

#### **3.1 Разработка мероприятий по улучшению условий труда в механическом цехе**

Анализ условий труда.

В механическом цехе наблюдаются выделения металлической стружки, пыли, есть опасность поражения электрическим током. В других цехах имеются свои вредные выделения. Для предотвращения действия вредных веществ необходимо провести следующие мероприятия: обеспечить безопасное санитарное состояние оборудования и инструментов, производственных и вспомогательных помещений; свести к минимуму вероятность поражения электрическим током; обеспечить хорошую вентилируемость производственных помещений; обеспечить требуемую освещённость рабочего места; снизить уровень шума и вибрацию от многочисленных станков; бороться с причинами травм на производстве, отравлениями; проводить инструктаж и обучение по ТБ и промышленной санитарии. А также обеспечить пожарную безопасность и эвакуационные пути.

Источниками шума в механическом цехе являются некоторые виды станков, пресса и вентиляторы. Источником вредных выбросов являются сварочные установки. Освещение в механическом цехе комбинированное, т.е. имеется естественное (создается оконными проемами) и искусственное освещение (используются лампы типа ДРЛ мощностью 250 Вт).

Расчет вентиляции механического цеха.

На промышленных предприятиях при выполнении разнообразных технологических процессов происходит поступление в воздух рабочих помещений различных вредных веществ и тепловыделений. В одних случаях источником их является само технологическое оборудование, в других – вредные выделения образуются при выполнении технологических процессов.

Одним из эффективных средств, способствующих созданию в производственных помещениях нормальных метеорологических условий, удалению из них газов и паров, пыли, ликвидации образования взрывоопасных концентраций является промышленная вентиляция.

В рассматриваемом помещении устанавливаем механическую вентиляцию, так как она более совершенна по сравнению с естественной вентиляцией, хотя и требует капитальных и эксплуатационных затрат.

Механическую вентиляцию выполняем приточно-вытяжной системой. Приточно-вытяжная система вентиляции состоит из двух отдельных систем приточной и вытяжной, которые одновременно подают в помещение чистый воздух и удаляют из него загрязненный.

Количество воздуха, необходимого для обеспечения требуемых параметров воздушной среды, определяется расчетным путем. При этом

учитываются тип помещения и производственные вредности. В данном цехе имеются избытки выделяемого тепла.

Определим количество воздуха, которое необходимо вводить в термический цех зимой и летом для удаления избытков тепла. Количество воздуха, которое необходимо ввести в помещение для поглощения избытков тепла определяется по формуле:

$$G_{\text{я}} = 3,6 \times Q_{\text{я}} / C \times \gamma \times (t_{\text{yx}} - t_{\text{пр}}), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3.1)$$

где  $C$  – теплоемкость воздуха кДж / кг  $^{\circ}\text{C}$  (теплоемкость сухого воздуха  $C = 1$  кДж / кг  $^{\circ}\text{C}$ );

$\gamma$  - плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{я}}$  - избытки явного тепла, Вт;

$t_{\text{yx}}, t_{\text{пр}}$  – температура воздуха удаляемая общеобменной вентиляцией и подаваемого в помещение,  $^{\circ}\text{C}$ .

Исходные данные:

Разрабатывается система вентиляции механического цеха длиной 36 метра и шириной 30 метров.

Цех имеет 4 окон площадью 4×4 метра и 4 окон площадью 6×6 метра.

Мощность осветительной установки цеха 13,4 кВт, коэффициент, учитывающий, количество электроэнергии, переходящей в тепло, для осветительной установки равен 0,8. Расчетная температура для удаляемого воздуха летом  $t_{\text{yx1}}=26$   $^{\circ}\text{C}$ , зимой  $t_{\text{yx2}}=18$   $^{\circ}\text{C}$ . Количество тепла выделяемое одним рабочим в течении часа для зимних и летних условий, принимаю в среднем равным 419 кДж (116 Вт).

Расчет системы вентиляции.

В основе всех систем вентиляции лежат приближенные методы, учитывающие с помощью коэффициентов различные факторы, влияющие на производительность вентиляции. Расчет системы вентиляции производится в следующей последовательности:

1) вычерчивают схему вентиляционной сети с поворотами, переходами, разбивают ее на участки и подбирают диаметр труб воздухоотводов.

2) определяют воздухообмен  $G$  (м<sup>3</sup>/ч) по формуле и находят производительность вентилятора  $W_{\text{в}}$ :

$$W_{\text{в}} = K_3 \times G, \quad (3.2)$$

$K_3$  – коэффициент запаса (1,3 ÷ 2,0)

2) рассчитывают потери напора на прямых участках труб  $H_{\text{пр}}$ (Па):

$$H_{\text{пр}} = \Psi_{\text{м}} \times \ell_{\text{м}} \times \rho_{\text{в}} \times v_{\text{ср}}^2 / 2 d_{\text{м}}, \quad (3.3)$$



где  $\Psi_m$  – коэффициент, учитывающий сопротивление труб,  
 $\Psi_m = 0,02$ ;

$l_m$  – длина участка трубы, м;

$\rho_v$  – плотность воздуха,  $\rho_v = 1,213 \text{ кг/м}^3$ ;

$v_{cp}$  – средняя скорость воздуха на раскрываемом участке воздушной сети; для прилегающих к вентилятору участков  $v_{cp} = (8 \div 12)$ , м/с, для удаленных участков  $v_{cp} = (1 \div 4)$ , м/с

$d_m$  – принятый диаметр трубы на участке, м.

4) рассчитывают местные потери  $H_m$  (Па) напора в переходах, коленах, жалюзи

$$H_m = 0,5 \times \Psi_m \times \rho_v \times v_{cp}^2, \quad (3.4)$$

где  $\Psi_m$  – коэффициент местных потерь напора при внезапном сужении равен 1,1, а при колене  $90^\circ$  – 0,2 ÷ 0,3.

5) Определяют суммарные потери напоров  $H_{yч}$  (Па) на участке и в целом на линии ( $H_l$ ) по формуле:

$$\begin{aligned} H_{yч} &= H_{nn} + H_m \\ H_l &= \sum H_{yч} = H_v, \end{aligned}$$

где  $H_v$  – напор вентилятора, Па.

6) Зная величину максимальных потерь по номограмме выбирают номер вентилятора  $N$ , коэффициент полезного действия  $\eta_v$  и безмерное число  $A$ . При этом стремясь обеспечить необходимый воздухообмен с помощью вентилятора с наибольшим коэффициентом полезного действия.

7) Найдя величины  $A$  и  $N$  (об/мин), вычисляют количество оборотов по формуле:

$$n_v = A/N \quad (3.5)$$

8) Рассчитывают мощность  $P_{дв}$  (кВт) электродвигателя для вентилятора:

$$P_{дв} = H_v \times W_v / 3600 \times 1000 \times \eta_v \times \eta_{\approx} \quad (3.6)$$

где  $H_v$  – полное давление вентиляторов (Па),

$\eta_{\approx}$  – коэффициент полезного действия передачи (0,90 ... 0,95)

Расчет вентиляции механического цеха.

Определение количества тепла, поступающего в помещение данного участка в течение одного часа.

- определим количество тепла выделяемого источниками освещения:

$$Q_1 = \varphi \times N_{\text{осв уст}} \times \gamma_o = 0,8 \times 13,4 \times 0,25 = 2,68 \text{ кВт},$$

где  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий количество электроэнергии, переходящей в тепло, для осветительных установок равен 0,8,

$\gamma_o$  – коэффициент долевого участия в мощности осветительной установки цеха равен 0,25,

$N_{\text{осв уст}} = K_{\text{со}} \times \rho_o \times F = 0,014 \times 0,9 \times 30 \times 36 = 13,4 \text{ кВт}$  – мощность осветительной установки цеха.

- определим количество тепла, выделяемое организмами работающих:

$$Q_2 = q \times n = 116 \times 20 = 2,32 \text{ кВт},$$

где  $q$  – количество тепла выделяемое одним работающим в течении часа 116Вт,

$n$  – количество работающих на данном участке.

- определим количество тепла, вносимого солнечной радиацией, для зимних условий принимается равным нулю, а для летних определяется следующим образом:

$$Q_3 = F_{\text{ост}} \times q_c \times K_{\text{ост}} = 2 \times 36 \times 224 \times 1,25 = 20,16 \text{ кВт},$$

где  $F_{\text{ост}}$  – площадь остекленной поверхности (площадь окна 6×6, на данном участке 2 окна),

$q_c = 224 \text{ Вт/м}^2$  – теплопоступления через  $1\text{м}^2$  при одинарном остеклении в деревянных переплетах (юг, юго–восток, юго–запад).

$K_{\text{ост}} = 1,25$ .

- определим количество тепла выделяющегося от электрических печей:

- $$Q_4 = n \times (1000 \times \beta \times \alpha \times N) = 1000 \times 0,5 \times 0,7 \times 45 \times 3 + 1000 \times 30 \times 0,7 \times 0,4 \times 2 + 1000 \times 20 \times 0,5 \times 0,8 \times 2 + 1000 \times 20 \times 0,9 \times 0,3 \times 4 = 1017,65 \text{ кВт},$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий долю тепла, выходящего в цех, его значения следует принимать для электрованн равным 0,3; для печей камерных

с подвижным подом – 0,45; с неподвижным подом – 0,5; для щелевых и шахтных печей - 0,4; для электрических печей – 0,7.

$\beta$  – коэффициент одновременности работы печей (0,5÷1)

N – установленная мощность печи.

Избыточное тепло, поступающее в помещение составит:

Летом  $Q_{изб} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 2,68 + 2,32 + 20,16 + 101,65 = 126,81$  кВт

Зимой  $Q_{изб} = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 2,68 + 2,32 + 101,65 = 106,65$  кВт

Количество воздуха, которое необходимо ввести в помещение для поглощения избытков тепла

$$G_{лет} = \frac{3,6 \times Q_{изб}}{C \times \gamma \times (t_{ух} - t_{нор})} = \frac{3,6 \times 126,81 \times 10^3}{1 \times 1,2 \times (26 - 20)} = 63405 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$G_{зимой} = \frac{3,6 \times Q_{изб}}{C \times \gamma \times (t_{ух} - t_{нор})} = \frac{3,6 \times 106,65 \times 10^3}{1 \times 1,2 \times (18 - (-15))} = 9695 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

1) Вычерчиваем схему вентиляционной сети с поворотами, переходами, разбиваем ее на участки и подбираем диаметр труб воздухоотводов. Схема вентиляционной сети с номерами участков механического цеха приведена на рисунке 7.1, а диаметры воздухоотводов и их длины приведены в таблице 3.1.

2) Определим производительность вентилятора  $W_B$ :

$$W_B = K_3 \times G = 1,3 \times 49000 = 63700 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса равен 1,3.

3) Расчет потерь напора на прямых участках труб и местных потерь напора в переходах и ответвлениях, а также суммарных потерь вентиляционной сети в приведены в таблице 3.1.

4) Зная величину максимальных потерь, по нонограмме выбираю вентилятор серии Ц4-70 под номером N=6, коэффициент полезного действия  $\eta = 0,58$ , безразмерное число  $A = 3500$ , скорость вентилятора 18 м/с.

5) Найдя величины A и N (об/мин), вычисляем количество оборотов по формуле:

$$n_B = A/N = 3500/6 = 584 \text{ об/мин.}$$

6) Рассчитываем мощность  $P_{дв}$  (кВт) электродвигателя для вентилятора:

$$P_{дв} = N_B \times W_B / 3600 \times 1000 \times \eta_B \times n_{\approx} = 389,12 \times 63700 / 3600 \times 1000 \times 0,9 \times 584 = 13,1 \text{ кВт}$$

Таблица 3.1 – Расчет потерь напора на линии

Номер участка	Длина участка, м	Средняя скорость на участке, м/с	Диаметр воздуховода, мм	$H_{пп}$ , Па	$H_{м1}$ , Па (при $\psi_m=1,1$ )	$H_{м2}$ , Па (при $\psi_m=0,2$ )	$\Sigma H$ , Па
1	2	3	4	5	6	7	8
1,19	5	2	125	1,94	2,94	0,49	5,36
2,2	5	2	140	1,73	2,94	0,49	5,15
3	4	3	160	2,73	6,00	1,09	9,83
4	2	3	180	1,21	6,00	1,09	8,31
5,14,23	2	5	140	4,33	16,68	0,00	21,01
6,15	2	7	200	5,94	32,69	5,94	44,58
7	2	7	225	5,28	32,69	5,94	43,92
8	2	8	280	5,55	42,70	7,76	56,01
9,17	3	9	305	9,66	54,04	9,83	73,53
10,18,25	2	9	355	5,54	54,04	9,83	69,40
11	10	2	125	3,88	2,67	0,49	7,04
12,21	3	3	160	2,05	6,00	1,09	9,14
13,22	6	3	160	4,09	6,00	1,09	11,19
16	5	5	280	5,42	16,68	3,03	25,13
24	10	7	355	16,74	32,69	5,94	55,38
26	11	9	315	34,31	54,04	9,83	98,18
27	7	10	340	24,97	66,72	12,13	103,82
28	6	10	340	21,41	66,72	12,13	100,25
							364,46

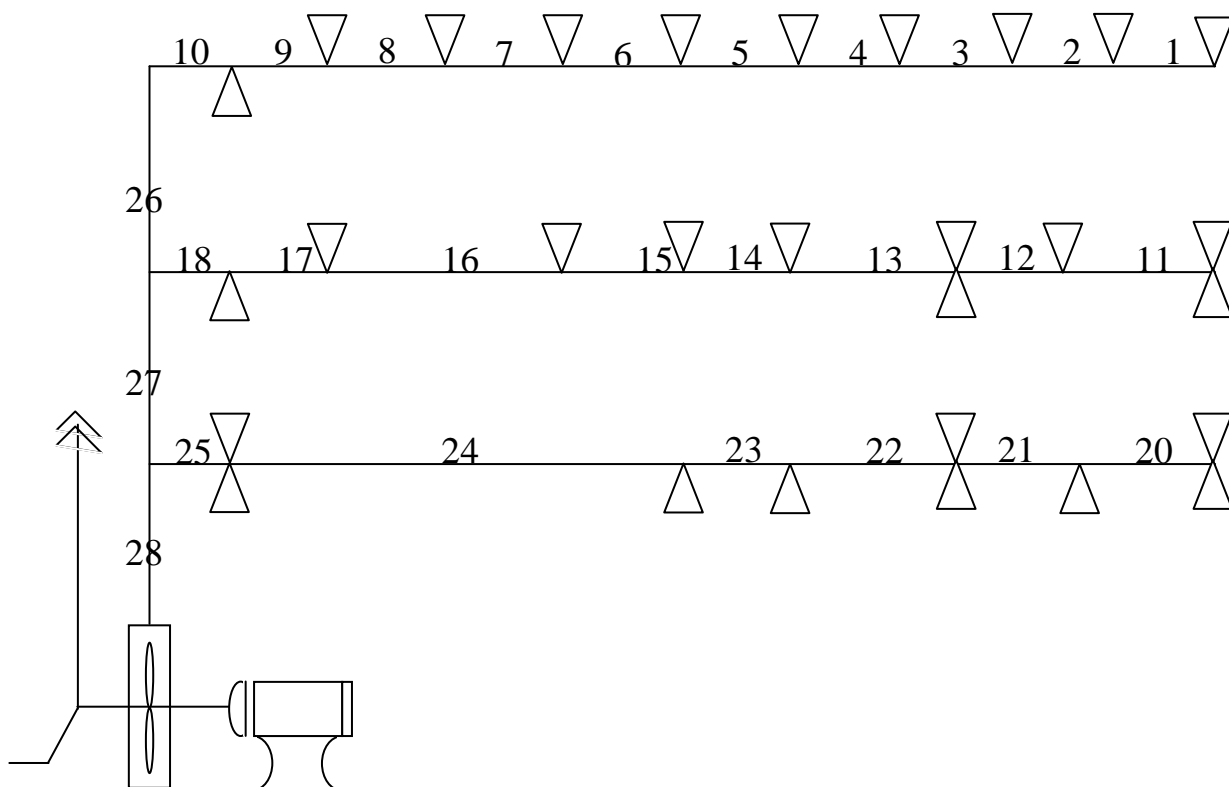


Рисунок 3.1 – Схема вентиляционной сети электроцеха

### 3.2 Разработка вопросов пожарной безопасности

Пожарная профилактика промышленных предприятий.

При проектировании новых или реконструкции старых административных зданий необходимо соблюдать мероприятия пожарной профилактики, руководствуясь при этом СН 512-78 «Инструкции по проектированию административных зданий и помещений» и СНиП 11-2-80 «противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений», в которых изложены основные требования к огнеопасности зданий и сооружений, противопожарным преградам, эвакуации людей из зданий и помещений.

Согласно СНиП 11-90-81 «Производственные здания промышленных предприятий» все производства подразделяются на 6 категорий. Для большинства технологических процессов в помещениях установлена категория пожарной опасности 13 (в производстве обращаются твердые сгораемые вещества и материалы), и относятся к «Д» категории. В зданиях 1 и 2 степеней огнеопасности при категории пожарной безопасности производства в СНиП 11-90-81 установлены обязательные размеры эвакуационных путей и выходов из помещений и выходов из помещений, размеры коридоров и выходов из коридора наружу или на лестничную площадку.

К первичным средствам тушения пожаров, предназначенным для локализации небольших загораний, относятся пожарные стволы, внутренние пожарные водопроводы, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла и т.п.

Для того чтобы быстро локализовать и ликвидировать пожар на предприятии, сохранить при этом по возможности больше дорогостоящего оборудования целесообразнее воспользоваться порошковой системой пожаротушения.

Расчет количества огнетушителей в механическом цехе.

Для обеспечения тушения пожара в механическом цехе применена, автоматическая стационарная установка порошкового пожаротушения УСП-500. Установка порошкового тушения состоит из сосуда для хранения, баллонов со сжатым газом, редуктора, запорной арматуры, трубопровод и порошковых оросителей. Далее приведен расчет требуемых количества порошка, диаметров труб, количества баллонов со сжатым газом.

В установке применен порошок ПСБ - бикарбонат натрия с 1-2 % кремнеземистого высокодисперсного наполнителя АМ-1-300 и 10 % талька. Для выбора порошка применяют дефекторные распылители с диаметрами выходных отверстий 10,12,15, и 25 мм. Определяют массовые расходы порошка:

$$Q_{\Pi} = I_{\Pi} \times F, \quad (3.7)$$

$$Q_{\Pi} = 0,1 \times 1080 = 108 \text{ кг/с,}$$

где  $I_{\Pi} = 0,1 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$  – требуемый удельный массовый расход порошка.  
 $F$  - площадь защищаемого помещения =  $1080 \text{ м}^2$

Запас порошка определяют по наибольшему расходу:

$$G_{\Pi} = Q_{\Pi} \times t, \quad (3.8)$$

$$G_{\Pi} = 108 \times 30 = 3240 \text{ кг.}$$

где  $t$  – время тушения, с.

Объем сосуда для порошка  $W_c = 500$  л. В применяемой установке УСП-500.

По номограмме определяются диаметры трубопроводов:  $d = 300$  мм.

На основании данных проектирования установок порошкового пожаротушения принимают суммарную площадь сечения выпускных насадок:

$$F_{\text{мас}} = (0,6 \div 0,8) \times d,$$

$$F_{\text{мас}} = 0,7 \times 30 = 21 \text{ мм,}$$

Таким образом, применяем две насадки диаметром по 10 мм.

Определяем число баллонов и узлов транспортирующего газа:

$$N = G_{\Pi} \times P_{\text{атм}} / P_0 \times p_0 \times V_B, \quad (3.9)$$

$$N = 3240 \times 10^5 / 125 \times 10^6 \times 123 \times 0,3 = 33,0356.$$

Таким образом, для тушения пожара в данном помещении хватит 33 баллонов со сжатым газом.

В соответствии с «Типовыми правилами пожарной безопасности для промышленных предприятий» (или подобные им помещения) необходимо оборудовать дымовыми пожарными извещателями.

В настоящее время наиболее распространенными тепловыми пожарными извещателями являются датчики ДТЛ, а дымовыми - извещателями типа РИД-1 и ИДФ-1м.

В случае возникновения очага пожара следует немедленно сообщить об этом в городскую пожарную часть, руководству предприятия.

### 3.3 Разработка вопросов электробезопасности низковольтного электрооборудования (расчет зануления)

Основной мерой защиты от поражения электрическим током в сетях напряжением до 1000 В является зануление.

Занулением называется намеренное соединение металлических не токоведущих частей, которые могут случайно оказаться под напряжением, с многократно заземленным нулевым проводом. Зануление применяется в четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью.

Цель зануления – быстро отключить электроустановку от сети при замыкании одной (или двух) фазы на корпус. Обеспечить безопасность прикосновения человека к зануленному корпусу в аварийный период.

К частям, подлежащим занулению, относятся корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, выключателей светильников и т.п.; приводы электрических аппаратов: вторичные обмотки измерительных трансформаторов, металлических конструкций распределительных устройств, металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, контрольных и наладочных стенов, корпуса передвижных и переносных электроприемников, а также электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

Расчет зануления механического цеха.

1. Исходные данные:

напряжение сети – 0,38 кВ;

мощность трансформатора – 1000 кВА;

мощность наиболее удаленного электроприемника (вертикально-фрезерный станок)  $P = 12,6$  кВт;

длина кабеля от ТП до ШРА-1,  $L_1 = 110$  м;

длина шинпровода ШРА-1,  $L_2 = 36$  м;

длина провода от ШРА-1 до станка,  $L_3 = 12$  м.

2. Схема замещения приведена на рисунке 3.2.

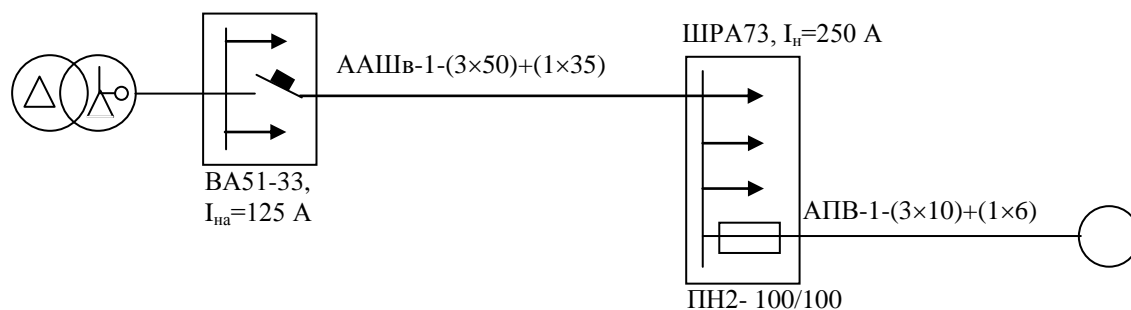


Рисунок 3.2

3. Определение токов нагрузки и выбор аппаратов защиты:

$$I_{\Delta\phi} = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos\varphi} = \frac{12,6}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,65} = 29,5 \text{ A}$$

$$I_{\text{пнв}} = \frac{K_n \times I_{\Delta\phi}}{K_m} = \frac{29,5 \times 6}{2} = 88,5 \text{ A}$$

$$I_{\text{нпв}} = 100 \text{ A}; \quad I_{\text{на}} = 125 \text{ A}.$$

4. Определение полных сопротивлений элементов цепи:

а) сопротивление трансформатора для группы соединения Д/У<sub>0</sub> – 11  
 $Z_{\Gamma} = 0,27 \text{ Ом}$ .

б) сопротивление кабеля, при сечении фазной жилы 50 мм<sup>2</sup> и нулевой 35 мм<sup>2</sup>  $Z_{\text{пф}\phi} = 1,8 \text{ Ом/км}$ .

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{пф}\phi} \times L_1 = 1,8 \times 0,11 = 0,198 \text{ Ом};$$

в) сопротивление шинпровода ШРА73 при  $I_n = 250 \text{ A}$ ,  $Z_{\text{пф}\phi} = 0,59 \text{ Ом/км}$

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{пф}\phi} \times L_2 = 0,59 \times 0,036 = 0,021 \text{ Ом}.$$

г) сопротивление провода при сечении фазной жилы 10 мм<sup>2</sup> и нулевой 6 мм<sup>2</sup>  $Z_{\text{пф}\phi} = 9,88 \text{ Ом/км}$  /5/

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{пф}\phi} \times L_3 = 9,88 \times 0,012 = 0,119 \text{ Ом}$$

5. Определение тока КЗ:

$$I_{\text{к1}} = \frac{220}{\frac{0,027}{3} + 0,198} = 1,06 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к2}} = \frac{220}{\frac{0,027}{3} + 0,198 + 0,021 + 0,119} = 0,63 \text{ кА}$$

6. Определение кратности тока

$$\frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{на}}} = \frac{1060}{125} = 8,48$$

$$\frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{нпв}}} = \frac{630}{100} = 6,3$$

условие  $I_{\text{кз}} \geq I_n \times K$ , где  $K_a = 1,25$ ;  $K_{\text{пв}} = 3$ , то  $1060 \text{ A} > 125 \times 1,25 = 156 \text{ A}$  и  $630 \text{ A} > 3 \times 100 = 300 \text{ A}$ .

7. Определение времени срабатывания аппарата защиты: плавкой вставки определяется по защитной характеристике плавкой вставки /5/, а для автомата принимается из справочника. В данном случае при токе КЗ 630 А и



номинальном токе плавкой вставки 100А время отключения аппарата защиты 0,15 секунд. Время отключения автоматического выключателя – 0,2 секунды.

Потенциал корпуса поврежденного оборудования:

$U_{к1} = I_{кз} \times Z_{н1} = 1,06 \times 0,088 = 93$  В, где  $Z_{н1}$  – сопротивление нулевой жилы кабеля,  $Z_{н1} = R_{н1}$ , так как величина внутреннего индуктивного сопротивления  $X_{н1}$  алюминиевого проводника сравнительно мала (около 0,0156 Ом/км).

$$R_{н1} = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{0,028 \times 110}{35} = 0,088 \text{ Ом},$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление алюминиевой жилы принимается равной 0,028 Ом×мм<sup>2</sup>/м;

$S$  – сечение жилы, мм<sup>2</sup>;

$L$  – длина проводника, м.

$$U_{к2} = I_{кз} \times (Z_{н2} + Z_{н3}) = 630 \times (0,056 + 0,01) = 41,6 \text{ В}$$

где  $Z_{н3}$  – сопротивление нулевого провода,  $Z_{н3} = R_{н3}$

$$R_{н3} = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{0,028 \times 12}{6} = 0,056 \text{ Ом},$$

$$Z_{н2} = 0,29 \text{ Ом/км} / 5, Z_{н2} = Z_{н2} \times L_2 = 0,29 \times 0,036 = 0,01 \text{ Ом}.$$

Ток, проходящий через тело человека, равен:

$$I_{h1} = \frac{U_{к1}}{R_h} = \frac{93}{1000} = 93 \text{ мА},$$

$$I_{h2} = \frac{U_{к2}}{R_h} = \frac{41,6}{1000} = 42 \text{ мА}.$$

Такие величины тока являются допустимыми при времени воздействия соответственно 0,5 и 1,2 секунды, т.е. время срабатывания автоматического выключателя и предохранителя не превышает допустимых величин.

## **4 Экономическая часть**

### **Бизнес-план системы электроснабжения нефтеперерабатывающего завода**

#### **4.1 Цели разработки проекта**

Цель разработки проекта: строительство подстанции 110/10 кВ и прилегающих к ней сетей 110 и 10 кВ.

Строящаяся подстанция предназначена для реализации электроэнергии нефтеперерабатывающему заводу данного района со стороны 10 кВ.

Проектируемую подстанцию и прилегающие к ней сети предполагается разместить вне населенных пунктов в равнинной местности. Сооружение ЛЭП 110 и 10 кВ предполагается с использованием железобетонных опор.

Для строительства ГПП создается АО «Энергетик» для передачи электроэнергии по тарифу, ниже действующего, чтобы создать конкуренцию на розничном рынке по передаче электроэнергии.

Целью создания АО – является питание завода, а также получение прибыли от передачи электроэнергии с шин подстанции до потребителей.

#### **Анализ рынка сбыта**

В связи с выявленным дефицитом в энергоснабжении потребителей района, предполагается, что сооружение ЛЭП позволит АО реализовать дополнительную электроэнергию потребителям.

Период строительства данного объекта составляет около 30 лет.

#### **Тарифы на электроэнергию**

Так как АО «Энергетик» занимается энергообеспечением, поэтому оценка результатов производственной деятельности образуется от продажи выработанной электроэнергии на объект.

Для стоимостной оценки результата используются действующие цены и тарифы  $T=14$  тенге за 1 кВт ч.

#### **4.2 План производства**

Программа отпуска электроэнергии и срок строительства подстанции

В соответствии со строительными нормами срок строительства подстанции, установленной мощности 2х16 МВА и прилегающих сетей 110 и 10 кВ принят равным одному году.

В соответствии с нормами освоения введенных энергомощностей, была определена программа отпуска электроэнергии на шинах подстанции, ГПП для нефтеперерабатывающего завода на 2014 год при коэффициенте загрузки равному 60%, будет составлять 38643148,6 кВт ч. На 2015-2016 года

увеличение мощности для нефтеперерабатывающего завода не запланировано, то поступление электроэнергии в сеть останется неизменной.

#### Организационный план

Организационная структура управления АО будет такой же, как и в других сетях компаниях.

На п/ст и прилегающих к ней сетях устанавливается современное высокоавтоматизированное оборудование, что обеспечивает высокий уровень надежности электроснабжения.

Ремонт будет осуществляться с помощью персонала специализированных ремонтных организаций.

#### Юридический план

АО «Энергетик» занимается покупкой и продажей электроэнергии. Особо сложные ремонтные работы выполняются с привлечением персонала специализированных ремонтных организаций.

Для осуществления строительства и эксплуатации рассматриваемого энергообъекта создается Акционерное общество с привлечением средств за счет выпуска акций и заемного капитала потенциальных инвесторов.

#### Экологическая информация

Экологическая ситуация в районе была уже предусмотрена при проектировании нефтеперерабатывающего завода.

### **4.3 Расчет технико-экономических показателей подстанции**

Определение капитальных вложений в строительство подстанции.

Капиталовложения в подстанцию определяются по приведенным в справочнике укрупненным показателям стоимости суммированием следующих составляющих

- РУ 110 и 10 кВ;
- трансформаторы ТДН-16000-110/10;
- постоянная часть затрат.

Капитальные затраты на сооружение подстанции определяются составом оборудования и включают в себя капиталовложения в РУ 110 кВ; капиталовложения в РУ 10 кВ; капиталовложения в трансформаторы; капиталовложения на постоянные затраты.

$$K_{\text{п/ст}} = \sum K_i + K_{\text{пост}}, \text{ млн.тенге,}$$

где  $\sum K_i$  - расчетные стоимости выбранного оборудования;

$K_{\text{пост}}$  - постоянная часть затрат по подстанции, включающая в себя строительные-монтажные и пусконаладочные работы.

Капитальные затраты на выбранное оборудование:

Капитальные затраты на трансформатор ГПП

$$K_{\text{тр.ГПП}} = N \cdot K_{\text{тр}} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ млн.тенге}$$

где  $N = 2$  шт. - количество трансформаторов  
 $K_{\text{тр}} = 100$  млн. тенге - стоимость трансформатора

Капитальные затраты на выключатели

$$K_{\text{В1-В4}} = N \cdot K_{\text{В}} = 4 \cdot 40 = 160 \text{ млн.тенге}$$

где  $K_{\text{В}} = 40$  млн. тенге - стоимость одного выключателя  
 $N = 4$  шт. - количество выключателей

Капитальные затраты на разъединители

$$K_{\text{р1-р4}} = N \cdot K_{\text{р}} = 4 \cdot 20 = 80 \text{ млн.тенге}$$

где  $K_{\text{р}} = 20$  млн. тенге - стоимость одного разъединителя  
 $N = 4$  шт. - количество разъединителей

Капитальные затраты на ограничители перенапряжения

$$K_{\text{ОПН}} = N \cdot K_{\text{ОПН}} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ млн.тенге}$$

где  $K_{\text{р}} = 10$  млн. тенге - стоимость одного ОПН  
 $N = 4$  шт. - количество ОПН

Суммарные капитальные затраты на выбранное оборудование

$$\sum K_i = 200 + 160 + 80 + 40 = 480 \text{ млн. тенге}$$

Постоянная часть затрат

$$K_{\text{пост}} = 0,3 \sum K_i = 0,3 \cdot 480 = 144 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные затраты на сооружение подстанции

$$K_{\text{П/СТ}} = 480 + 144 = 624 \text{ млн.тенге}$$

## Капитальные затраты на ЛЭП

$$K_{ЛЭП} = l \cdot K_{ЛЭП} = 5 \cdot 17 = 86 \text{ млн. тенге}$$

где  $K_{ЛЭП} = 20$  млн. тенге - стоимость 1 км (с учетом строительных работ, оборудования)

$l = 17$  км – длина ЛЭП

Общие капитальные вложения в строительство энергообъекта составят

$$K_{ЭС} = K_{П/СТ} + K_{ЛЭП} = 624,0 + 86 = 710 \text{ млн. тенге}$$

## Себестоимость

Стоимость электроэнергии:

$T = 14$  тенге/кВтч – тариф за электроэнергию

АО «Энергетик» заключает договора по поставке электроэнергии со следующими поставщиками:

$T_{\text{гор.сети (РЭК)}} = 4$  тенге/кВтч – тариф за передачу электроэнергии городским сетям или РЭК

$T_{\text{эпо}} = 6$  тенге/кВтч – тариф за электроэнергию, установленный энергопроизводящей организацией

$T_{\text{НЭС}} = 2$  тенге/кВтч – тариф на услуги по передаче электроэнергии по национальным электрическим сетям

Капитальные вложения на оборудование, строительство, монтаж и пуск подстанции:

$$K_{П/СТ} = 200,000 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на оборудование, строительство, монтаж ЛЭП:

$$K_{ЛЭП} = 33,325 \text{ млн. тенге}$$

Суммарные капитальные вложения подстанции и ЛЭП:

$$\sum K_{П/СТ, ЛЭП} = 200,000 + 33,325 = 233,325 \text{ млн. тенге}$$

АО «Энергетик» может получить прибыль по двум составляющим:

- а) услуга за передачу электроэнергии
- б) по виду деятельности (т.е. АО выступает в виде гарантированного поставщика электроэнергии предприятию)

а) Услуга за передачу электроэнергии

Затраты на амортизацию оборудования:

$$Z_{\text{ам}} = \sum K_{П/СТ, ЛЭП} \times H\% = 710,0 \times 0,04 = 24,96 \text{ млн. тенге}$$

где  $H\% = 2\div 4\%$  - норма амортизации

Эксплуатационные затраты:

$$Z_{\text{другие}} = Z_{\text{з/п}} + Z_{\text{обсл.}} + Z_{\text{ам}} + Z_{\text{с/э}} + Z_{\text{админ.}} + Z_{\text{прочие}} = 100 \%$$

где  $Z_{\text{з/п}}$  – затраты на заработную плату персонала

$Z_{\text{обсл.}}$  – затраты на обслуживание п/ст и ЛЭП

$Z_{\text{ам}}$  – затраты на амортизацию

$Z_{\text{с/э}}$  – затраты на эксплуатацию

$Z_{\text{админ.}}$  – административные затраты

$Z_{\text{прочие}}$  – прочие затраты

Затраты на амортизацию могут достигать до 35%, а 65% составят другие затраты.

Тогда суммарные затраты на передачу электроэнергии составят

$$\sum Z_{\text{передача}} = (24,96 \times 1) / 0,35 = 71,31 \text{ млн. тенге}$$

Затраты на передачу электроэнергии:

$$S = \frac{\sum Z_{\text{передача}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{71,31}{64,26} = 1,1 \text{ тенге/кВт*ч}$$

где  $\mathcal{E}_{\text{год}} = 16065,9 \times 4000 = 64,26$  млн. кВт\* ч – годовое энергопотребление предприятия

б) Вид деятельности – определим доход

Доход от прогнозируемого объема передачи электроэнергии нефтеперерабатывающему заводу АО «Энергетик» составит

$$V_{\text{АО «Энергетик»}} = T \times \mathcal{E}_{\text{год}} = 14 \times 64,26 = 899,64 \text{ млн. тенге}$$

Из прогнозируемой выручки АО «Энергетик» произведет следующие выплаты:

- Выплаты городским сетям за передачу электроэнергии составят:

$$4 \times 64,26 = 257,04 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты национальным электрическим сетям составят:

$$1 \times 64,26 = 64,26 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты энергопроизводящим предприятиям составят:

$$6 \times 64,26 = 385,56 \text{ млн. тенге}$$

Остаток из прогнозируемой выручки за передачу электроэнергии составит:

$$Pr = 899,64 - 257,04 - 64,26 - 385,56 = 192,78 \text{ млн. тенге}$$

Чистая прибыль за вычетом налога 20% составит:

$$ЧPr = Pr(1 - 0,2) = 192,78 \times 0,8 = 154,024 \text{ млн. тенге}$$

Расчеты эффективности обычно базируются на нулевом или первом году реализации инвестиционного проекта. Величины инвестиций и денежных потоков рассматриваются как годовые величины.

Система оценок делится на две группы:

1. Дисконтированные оценки или временные оценки. Они включают в себя:

а) ЧПС (NPV) - чистая приведенная стоимость (чистый приведенный эффект, чистый приведенный доход, чистая приведенная прибыль);

б) ИРИ (PI) - индекс рентабельности инвестиций;

с) ВНП (IRR) - внутренняя норма прибыли (внутренняя норма доходности. Норма окупаемости);

д) МВНП (MIRR) - модифицированная норма прибыли

е) ДСОИ (DPP) - дисконтированный срок окупаемости инвестиций;

2. Простые оценки:

ф) СОИ (PP) - срок окупаемости инвестиций;

г) КЭИ (ARR) - коэффициент эффективности инвестиций.

Необходимость использования всех методов оценки вызвана тем, что оценки по различным методам могут иметь противоречивый характер. Сравнивая оценки инвестиций по различным методам мы можем сделать выводы о приемлемости того или иного проекта.

Срок окупаемости сооружаемой подстанции и ЛЭП для АО «Энергетик» составит:

$$PP = \frac{\sum K_{n/cm, ЛЭП}}{Pr} = \frac{710,0}{154,024} = 4,6 \text{ года.}$$

Определение NPV (чистой текущей стоимости).

Для определения NPV, необходимо спрогнозировать величину финансовых потоков в каждый год проекта, а затем привести их к общему знаменателю, для сравнения во времени. То есть NPV – это разница между суммой денежных поступлений порождаемых реализацией проекта и дисконтированных текущих стоимостей и всех затрат необходимых для реализации этого проекта.

#### 4.4 Чистая приведенная стоимость

Чистая приведенная стоимость определяется:

$$NPV = \sum_1^n \frac{CF_n}{(1+r)^n} - I_0,$$

где CF – ежегодные денежные поступления;  
 n - годы реализации проекта;  
 I<sub>0</sub> - полные суммарные инвестиции;  
 r – процентная ставка

Таблица 4. 1 – Результаты расчета чистой текущей стоимости

Годы	CF, млн. тенге	r (10%)	Текущая стоимость
0	-710	1	-710
1	154,024	0,909	140,008
2	154,024	0,826	127,224
3	154,024	0,751	115,672
4	154,024	0,683	105,198
5	154,024	0,621	95,649
6	154,024	0,564	86,870
7	154,024	0,513	79,014
			Σ=749,635
			NPV=39,635

Проектируемый энергообъект можем охарактеризовать следующими технико-экономическими показателями:

Таблица 4.2 – Техничко-экономические показатели энергообъекта

Техничко-экономические показатели	Кол-во, ед. изм.
• установленная мощность	20 МВА
• число часов использования максимальной нагрузки	4000 ч
• годовой объем переданной электроэнергии	64,26 млн. кВт*ч
• суммарные капиталовложения	710 млн. тенге
• полная себестоимость передачи электроэнергии	0,41 тенге/кВт*ч.
• срок окупаемости	4,6 года

Вывод: из экономических расчётов видно, что срок окупаемости сооружаемой п/ст и ЛЭП составит 4,6 года, с учетом дисконтирования 7 лет.



## Закключение

Данный дипломный проект посвящен проектированию электроснабжения нефтеперерабатывающего завода. В работе были получены следующие основные результаты.

Методом «упорядоченных диаграмм»: определена суммарная нагрузка по заводу напряжением 0,4 кВ:  $S_p=13023,4$  кВА. Выбрано 10 цеховых трансформаторов типа ТСЗ(Л)-1600/10. Произведена компенсация реактивной мощности на 0,4 кВ с помощью низковольтных батарей конденсаторов типа УК-0,4-300-150У3. Определена нагрузка по заводу напряжением 10 кВ на шинах ГПП с учетом подключенных к шинам ГПП СД, потерь в трансформаторах ТП:  $S_{p\text{ зав}}=17217,3$  кВА.

В проекте рассмотрены три варианта схем внешнего электроснабжения завода, на напряжение 220, 110 и 35 кВ. И из них выбран наиболее рациональный с экономической и технической точки зрения, которым является второй вариант питания завода, где электроэнергия передается по ЛЭП 110 кВ.

Для принятого варианта выбрано следующее высоковольтное оборудование: вводные выключатели; секционный выключатель; выключатели нагрузки; выключатели отходящих линий, выключатели к СД, а также силовые кабели к ним. Выбраны измерительные приборы, трансформаторы тока и напряжения. Был произведен выбор шин ГПП и изоляторов к ним.

В разделе проектирование светотехнической установки цеха был произведен расчет осветительной установки цеха, выбраны источники света со своими характеристика, так же был произведен расчет с помощью программы DIALux/.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» был произведен анализ условий труда завода, были произведены расчеты вентиляции и зануление цеха, класса опасности предприятия.

В экономической части дипломного проекта была произведена оценка эффективности схемы внешнего электроснабжения нефтеперерабатывающего завода.

## Список литературы

1. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий. Под общей редакцией проф.МЭИ (ТУ) С.И.Гамазина, Б.И.Кудрина, С.А.Цырука. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
2. Правила устройства электроустановок РК, 2008.
3. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. Б.И.Кудрин. М.: Интермет Инжиниринг, 2007.
4. Электротехнический справочник в 4 томах. Том 2. Электротехнические изделия и устройства. Под общей редакцией проф.МЭИ В.Г.Герасимова и др.- 10-е издание стереотип. М.: изд.дополненное МЭИ, 2007.
5. Живаева О.П., Тергеусизова М.А. Проектирование систем электроснабжения. МУ к курсовой работе. – Алматы: АУЭС, 2009.
6. Защитные меры электробезопасности в электроустановках. М.: ЗАО «Энергосервис», 2006.
7. Ержанов С.И., Санатова Т.С. Безопасность жизнедеятельности. Экологический паспорт. Методические указания к выполнению расчета эколого-экономических показателей в дипломных проектах. – Алматы: АИС, 2000.
8. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей . РД 34 РК. 20/03.501/202-04. – Астана, 2004.
9. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98. – Москва «Издательство НЦ ЭНАС» 2002.
10. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев, Н.Н. Сердюк-М: «высшая школа» 2002.
11. Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.
12. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – М.: Энергоатомиздат, 2011.
13. Экономический анализ: Учебник для вузов / Под редакцией Гиляровской, Л.Т. – М: ЮНИТИ-ДАНА, 2005.
14. Адамчук В.В. Экономика труда: Учебник. – М.: ЗАО Финстатинформ, 2002.
15. Электроснабжение объектов: учеб.пособие для студ. сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. - 5-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2008.
16. Электрические машины: Учеб. для учащихся элетротех. спец. техникумов. - 2- е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1990. - 463 с.
17. [www.siemens.ru](http://www.siemens.ru).

# Приложение А

## Применение вычислительно техники

В расчетах дипломного проекта использовалась программа Microsoft Excel.

№ по плану	Наименование производственного помещения	Размеры помещ		Площадь	$\rho_0$	Kс	$P_{y0}$	$P_{p0}$	cosφ	tgφ	Qр0
		Длина	Ширина								
2	Комбинированная установка	46	26	1196	0,016	0,8	19,1	15,3	0,9	0,5	7,7
3	Установка термического крекинга	46	33	1518	0,018	0,8	27,3	21,9	0,9	0,5	10,9
4	Газофракционирующая установка	13	26	338	0,018	0,8	6,1	4,9	0,9	0,5	2,4
5	Установка алкиляции	26	19	494	0,017	0,8	8,4	6,7	0,9	0,5	3,4
6	Этилосмесительная установка	59	46	2714	0,016	0,8	43,4	34,7	0,9	0,5	17,4
7	Блок оборотного водоснабжения	112,2	13,2	1481	0,016	0,8	23,7	19,0	0,9	0,5	9,5
8	Атмосферно-вакуумная установка	39	79	3081	0,017	0,8	52,4	41,9	0,9	0,5	21,0
9	Установка каталитического крекинга	79	105	8295	0,018	0,8	149,3	119,4	0,9	0,5	59,7
10	Установка инертного газа	59	19	1121	0,015	0,8	16,8	13,5	0,9	0,5	6,7
11	Ремонтно-механических цех	39	13,2	515	0,018	0,8	9,3	7,4	0,9	0,5	3,7
12	Электроцех	13	33	429	0,016	0,8	6,9	5,5	0,9	0,5	2,7
13	Пожарное депо	13	33	429	0,013	0,7	5,6	3,9	0,9	0,5	2,0
14	Центральная заводская лаборатория	9	39	351	0,02	0,9	7,0	6,3	0,9	0,5	3,2
15	Административный корпус, столовая	26	99	2574	0,02	0,9	51,5	46,3	0,9	0,5	23,2
16	Пожарная насосная	46	13	598	0,013	0,7	7,8	5,4	0,9	0,5	2,7
17	Резервуарные парки	528	132	69696	0,01	0,6	697,0	418,2	0,9	0,5	209,1
18	Освещение территории	699	627	341727	0,002	1	683,5	683,5	0,9	0,5	341,7

Рисунок А.1 – Расчет осветительной нагрузки

№ по плану	Наименование цеха	Кол-во ЭП л	Установленная мощность			m	Ки	cosφ	tgφ	Сред. мощн.		Pз	Км	Расчетные нагрузки		
			Rmin, кВт	Rmax, кВт	Суммарная Pн, кВт					Rсм, кВт	Qсм, квар			Pр, кВт	Qр, квар	Sp
1	Электрообессоливающая установка	40	1	90	2000	>3	0,5	0,8	0,75	1000	750,0	40	1,13	1130,0	750,0	
2	а) силовая нагрузка													24,71	12,36	
3	б) осветительная нагрузка													1154,7	762,4	
4	ИТОГО															
5	Комбинированная установка	42	1	95	2100	>3	0,4	0,8	0,75	840	630,0	42	1,13	949,2	630,0	
6	а) силовая нагрузка													15,31	7,65	
7	б) осветительная нагрузка													964,5	637,7	
8	ИТОГО															
9	Установка термического крекинга	27	1	45	1300	>3	0,5	0,8	0,75	650	487,5	27	1,12	728,0	487,5	
10	а) силовая нагрузка													21,86	10,93	
11	б) осветительная нагрузка													749,9	498,4	
12	ИТОГО															
13	Газофракционирующая установка	25	1	85	1100	>3	0,5	0,75	0,88	550	485,1	25	1,15	632,5	485,1	
14	а) силовая нагрузка													4,87	2,43	
15	б) осветительная нагрузка													637,4	487,5	
16	ИТОГО															
17	Установка алкиляции	20	1	140	1400	>3	0,55	0,75	0,88	770	679,1	20	1,21	931,7	679,1	
18	а) силовая нагрузка													6,72	3,36	
19	б) осветительная нагрузка													938,4	682,4	
20	ИТОГО															
21	Этилосмесительная установка	44	1	80	1200	>3	0,5	0,8	0,75	600	450,0	30	1,14	684,0	450,0	
22	а) силовая нагрузка													34,74	17,37	
23	б) осветительная нагрузка													718,7	467,4	
24	ИТОГО															
25	Блок оборотного водоснабжения															

Рисунок А.2 – Расчет силовой нагрузки

№ТП	S <sub>к.тр.</sub> , Q <sub>нк</sub>	№ цехов	P <sub>род.</sub> , кВт	Q <sub>род.</sub> , квар	S <sub>род.</sub> , кВА	Kз
1	2	3	4	5	6	
ТП1 (2x1600)		6	673,1	430,1		
ТП2 (2x1600)		8	2902,7	2309,3		
ΣS <sub>н</sub> = 6400 кВА		9	1128,4	735,2		
Q <sub>нк</sub> = 4x300			4704,2	2274,6	5225,26	0,82
ТП3 (2x1600)		7	719	559,5		
ТП4 (1x1600)		16	5,5	2,8		
ΣS <sub>н</sub> = 4800 кВА		5	872,3	632,8		
		4	593	433,7		
		12	130,5	109,9		
		11	119	78,6		
		14	56,7	33,5		
		15	350,4	202,6		
		3	665,5	423,5		
Q <sub>нк</sub> = 4x300			3511,9	1576,9	3849,68	0,80
ТП5 (2x1600)		1	1069,1	687,5		
ТП6 (1x1600)		2	889,6	577,8		
ΣS <sub>н</sub> = 4800 кВА		17	618,4	324,6		
		10	426,6	297,5		
		13	26,1	13,5		
		осв.тер.	683,4	341,7		
Q <sub>нк</sub> = 3x300			3713,2	1342,6	3948,47	0,82

Рисунок А.3 – Распределение нагрузки по цеховым ТП

№ТП	п	Кз	ΣΔP <sub>т</sub> , кВт	ΣΔQ <sub>т</sub> , квар
ТП1, ТП2	4	0,82	62,80	325,60
ТП3, ТП4	3	0,80	46,20	239,70
ТП5, ТП6	3	0,82	47,10	244,20
ИТОГО			156,10	719,50

Р <sub>сд</sub> , кВт	п	Кз	cosφ	Р <sub>род</sub> , кВт	ΣР <sub>род</sub> , кВт	Q <sub>сд</sub> , квар	ΣQ <sub>сд</sub> , квар
1500	4	0,85	0,9	1275	5100	617,51	2550,00

Р <sub>сд</sub> , кВт	п	Кз	cosφ	Р <sub>род</sub> , кВт	ΣР <sub>род</sub> , кВт	Q <sub>сд</sub> , квар	ΣQ <sub>сд</sub> , квар
750	2	0,85	0,9	637,5	1275	308,76	637,50

Q <sub>р4</sub> , квар	ΣΔQ <sub>т</sub> , квар	Q <sub>р</sub> , квар	Q <sub>з</sub> , квар	Q <sub>нк</sub> , квар	ΣQ <sub>сд</sub> , квар	Q <sub>вк</sub> , квар
7527,70	719,50	824,72	3946,4	3000	2550,00	-424,48

установка ВБК не требуется

№ТП	№ цехов	п	Р <sub>н. min</sub> , кВт	Р <sub>н. max</sub> , кВт	ΣР <sub>н</sub> , кВт	Кн	Р <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар	п <sub>з</sub>	Км	Р <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ТП1; ТП2 (4x1600) кВА												

Рисунок А.4 – Расчет силовой нагрузки на напряжение 10 кВ