

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы электроснабжения ремонтно-механического завода

УДК 621.31.031:69.002.5.004

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Д	Крючкова Мария Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Электроснабжения промышленных предприятий	Плотников И. А.	Доцент, к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Менеджмента	Трофимова М.Н.	Доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры Экологии и безопасности жизнедеятельности	Панин В.Ф.	Профессор, д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Завьялов В.М.	Доцент, д.т.н.		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Д	Крючковой Марии Александровне

Тема работы:

Электроснабжение инструментального цеха ремонтно-механического завода
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объектом исследования является инструментальный цех ремонтно-механического завода. В качестве исходных данных представлены: - генеральный план завода; - план инструментального цеха; - сведения об электрических нагрузках завода; - сведения об электрических нагрузках инструментального цеха.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	- постановка задачи проектирования; - проектирование системы электроснабжения рассматриваемого завода; - детальное рассмотрение особенностей трансформаторных подстанций в системах электроснабжения с последующим выбором цеховых трансформаторов; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Генплан предприятия с картограммой нагрузок 2. Схема силовой сети предприятия

	3. Схема электрическая принципиальная выше 1000В 4. Схема силовой сети цеха 5. Электроснабжение цеха. Однолинейная схема 6. Эюра отклонения напряжения. Карта селективности.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Трофимова Маргарита Николаевна
«Социальная ответственность»	Панин Владимир Филиппович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Электроснабжения промышленных предприятий	Плотников И. А.	Доцент, к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Д	Крючкова М. А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студент:

Группа	ФИО
5А2Д	Крючкова Мария Александровна

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых и человеческих ресурсов.	Материальные затраты, основная заработная плата, дополнительная заработная плата, отчисления, накладные расходы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	В соответствии с Налоговым кодексом РФ ЕСН=30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование комплекса работ (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности работы)	Расчет временных показателей проведение исследования ТП. Составление календарного план-графика
2. Определение трудоемкости выполнения работ	
3. Расчет бюджета для научно-технического исследования (определение материальных затрат, подсчет основной заработной платы исполнителей)	Расчет коэффициентов: весовой коэф., коэф. отчислений на уплату во внебюджетные фонды
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта
2. Бюджет затрат НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Менеджмента	Трофимова М.Н.	Доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Д	Крючкова М. А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ЗАВОДА»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Д	Крючкова Мария Алекснадровна

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭПП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: 1.1. вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); 1.2. опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); 1.3. негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); 1.4. чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	- Опасные уровни напряжения в электрических цепях, сильные электромагнитные поля, повышение уровня шума, повышение уровня вибрации, повышенная температура воздуха на рабочем месте; - Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы; - Чрезвычайные ситуации: пожар.
2. Ознакомление и отбор основных законодательных и нормативных документов по теме и отбор их.	ГОСТ 12.0.003-74 «ОиВПФ»; ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.1.01290 «Вибрационная безопасность»; ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ПУЭ, утвержденный министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.; №123-ФЗ» Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681; Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014).
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: 1.1. физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; 1.2. действие фактора на организм человека; 1.3. приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); 1.4. предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	- Негативное влияние электромагнитного и ионизирующего излучения отрицательно влияет на иммунную, нервную, эндокринную и дыхательную системы. Шум негативно влияет на психофизиологическое состояние. - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Напряженность электрического поля в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц не должна превышать 25 В/м, а в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц не больше 2,5 В/м. - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. При конструировании и проектировании уровень звукового давления не должен превышать 50 дБА.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности	Опасные факторы: 2.1. Опасность электропоражения; 2.2. Пожаровзрывоопасность.

2.1.механические опасности (источники, средства защиты); 2.2.термические опасности (источники, средства защиты); 2.3.электроопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 2.4.пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Возможные причины пожара: короткое замыкание в электропроводке. Вся электрическая цепь помещения оснащена заземлительным контуром, выполненным в соответствии с ПУЭ от 08.07.2002, №204.Глава 1.7.
3. Охрана окружающей среды: 3.1 защита селитебной зоны 3.2 анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 3.3 анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 3.4 анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 3.5 разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	3.2,3.3 Описать схему обращения с выбрасами и сбросами цеха 3.4 Описать схему обращения с твердыми отходами.
4.Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	- Возможные ЧС: пожар. - Соблюдения техники безопасности - Следовать плану эвакуации, вызвать пожарных.
5.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	- Право на условие труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. -Использовать оборудования и мебель согласно антрометрическим данным.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Панин В.Ф.	Д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Д	Крючкова Мария Александровна		

Введение.....	9
1. Объект и методы исследования.....	Ошибка! Закладка не определена.
2. Расчеты и аналитика.	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Определение расчетной нагрузки инструментального цеха.	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Картограмма и определение центра электрических нагрузок.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.4 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	Ошибка! Закладка не определена.
2.5 Компенсация реактивной мощности на шинах 0,4 кВ цеховых трансформаторных подстанций и уточнение их нагрузки .	Ошибка! Закладка не определена.
2.6 Определение мощности батарей конденсаторов в сетях выше 1 кВ.	Ошибка! Закладка не определена.
2.7 Выбор рационального напряжения внешнего электроснабжения предприятия	Ошибка! Закладка не определена.
2.8. Выбор мощности трансформаторов ГПП.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.9 Выбор сечения линии, питающей ГПП	Ошибка! Закладка не определена.
2.10 Схема внутризаводской распределительной сети 10 кВ.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.11 Выбор сечений линий питающей сети цеха.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.12 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1 кВ	Ошибка! Закладка не определена.
2.13 Выбор высоковольтного оборудования.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.14 Электроснабжение инструментального цеха.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.15 Распределение приемников по пунктам питания.	Ошибка! Закладка не определена.
2.16 Выбор сечений проводников и защитной аппаратуры напряжением до 1 кВ	Ошибка! Закладка не определена.

2.17 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Ошибка!
Закладка не определена.	
2.18 Расчет электрической сети по потере напряжения	Ошибка! Закладка не определена.
2.19 Построение карты селективности действия аппаратов защиты .	Ошибка!
Закладка не определена.	
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	
Ошибка! Закладка не определена.	
3.1 SWOT-анализ работы инструментального цеха ремонтно-механического завода.	Ошибка! Закладка не определена.
3.2. Организация работ технического проекта.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения технического проекта	Ошибка!
Закладка не определена.	
3.2.3 Разработка графика проведения технического проектирования	Ошибка!
Закладка не определена.	
3.3. Определение сметы затрат на технический проект	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.1. Расчет материальных затрат	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.2. Полная заработная плата исполнителей темы	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ..	Ошибка!
Закладка не определена.	
3.3.4. Накладные расходы.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.4. Формирование сметы технического проекта	Ошибка! Закладка не определена.
3.5. Определение ресурсоэффективности проекта	Ошибка! Закладка не определена.
4 Социальная ответственность.....	49
4.1 Описание рабочей зоны.....	49
4.1 Анализ опасных и вредных факторов	50
4.2 Производственная санитария.....	50
4.2.1 Воздух рабочей зоны	51
4.2.2 Вентиляция	51

4.2.3 Защита от шума и вибрации.....	52
4.2.4 Освещение.....	54
4.3 Электробезопасность	55
4.3.1 Защита от случайного прикосновения	57
4.3.2 Защитное заземление	58
4.3.2 Зануление	58
4.4 Мероприятия по технике безопасности и пожарной безопасности.....	59
4.4 Охрана окружающей среды	60
4.5 Эвакуация людей из зданий и помещений	64
Заключение	12
Список литературы:	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А - Схема электроснабжения ремонтно-механического завода.	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Б - Картограмма нагрузок по заводу в целом.	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение В - Электроснабжение цеха. Однолинейная схема.	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Г – Схема электроснабжения инструментального цеха.	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

В данном курсовом проекте рассматривается электроснабжение ремонтно-механического завода в целом и инструментального цеха в частности. Целью работы является развитие способности самостоятельно решать практические вопросы проектирования системы электроснабжения промышленного предприятия.

Данный завод предполагает наличие нагрузки как 2, так и 3 категории по степени надежности электроснабжения. В состав завода входят различные цеха, каждый выполняет свою роль, поставленную администрацией предприятия в соответствии с технологическим процессом. Производство продукции осуществляется посменно, большинство цехов работает в 2 смены по 8 часов каждая.

Процесс выполнения курсового проекта предусматривает следующие этапы:

1. Расчет нагрузки инструментального цеха.
2. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций, ГПП и линиях. Расчет производится отдельно для высоковольтных и низковольтных нагрузок.
3. Построение картограммы электрических нагрузок с целью определения наиболее оптимального места расположения ГПП на территории предприятия.
4. Расчет схемы внутризаводского электроснабжения. На данном этапе производится выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций и схемы их электроснабжения.
5. Выбор напряжения питающей сети завода, сечения проводов, выбор мощности трансформаторов ГПП.
6. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000В для проверки правильности выбора сечений проводников.

На последнем этапе производится расчет электроснабжения инструментального цеха, который включает в себя: распределение приемников по пунктам питания; определение расчетных нагрузок по пунктам питания; выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке и проверка их по потере напряжения; выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты; построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного ЭП, расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В для построения карты селективности действия защитных аппаратов.

1. ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

При проектировании схемы электроснабжения инструментального цеха ремонтно-механического завода возможны различные конфигурации питающей сети. На стадии выбора схемы электроснабжения необходимо проанализировать возможные варианты и остановиться на наиболее оптимальном для данного расположения электроприемников в цеху, распределения мощностей и технологических особенностях производства.

Для определения оптимальной схемы электроснабжения промышленного предприятия рассмотрим основные типы структуры цеховых электрических сетей. На рисунках 1 и 2 представлены две наиболее распространенные конфигурации схем электроснабжения: радиальная и магистральная.

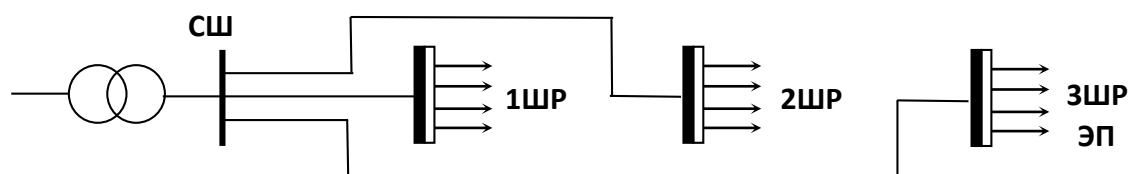


Рис.1. Радиальная схема

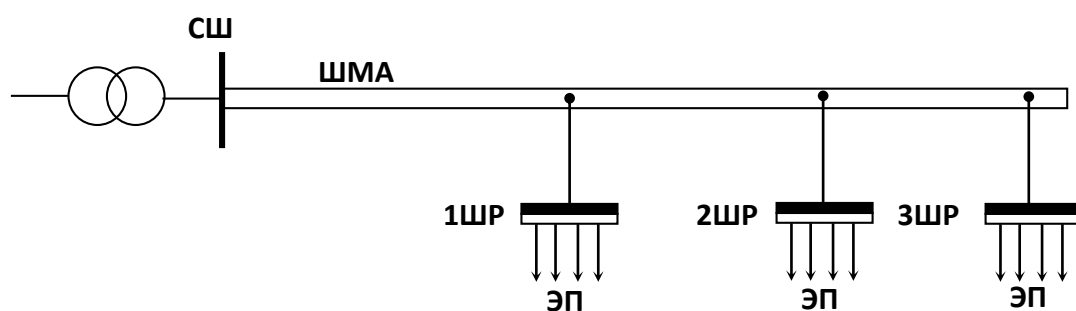


Рис.2. Магистральная схема

Для детального анализа конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо выявить их преимущества и недостатки. Каждая из схем

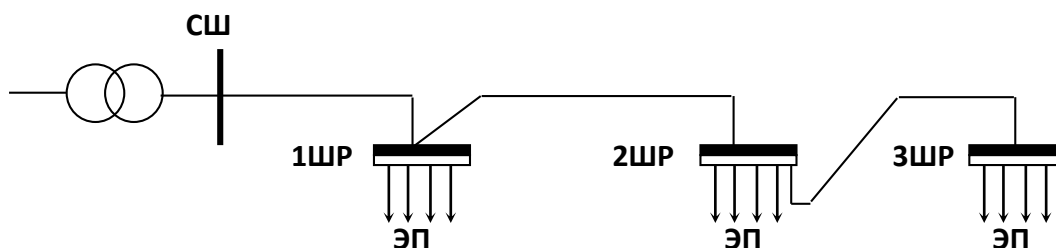


Рис.3. Схема питания «цепочкой»

имеет свои сильные и слабые стороны. Для различных случаев конфигурация сети должна удовлетворять различным требованиям, поэтому иногда применяются смешанные схемы (рис.3), сочетающие некоторые преимущества и недостатки приведённых выше, но также обладающие некоторыми аутентичными качествами.

В данной работе рассматривается схема электроснабжения инструментального цеха ремонтно-механического завода с нормальной средой, с двумя питающими трансформаторами номинальной мощностью 2500 кВА, с напряжением на низкой стороне трансформатора 0,4 кВ и цеховым электрооборудованием (78 электроприемников цехового назначения). Данные по электрооборудованию сведены в табл. 1.

Таблица 1 - Сведения об электроприемниках инструментального цеха

№	Наименование	$P_{\text{ном}}$, кВт
1	Токарный станок	8
2	Токарный станок	6,5
3	Токарно-винторезный станок	16,3
4,5,7	Токарный станок	1,2
6	Токарный станок	1,6
8	Вертикально-сверлильный станок	2
9	Вертикально-сверлильный станок	8,2
10,11	Шкаф сушильный	24
12	Пресс гидравлический	5,7
13,14	Фрезерный станок	4,2
15	Фрезерный станок	13,1
16	Фрезерный станок	6,2

17	Горизонтально-фрезерный станок	14,4
18	Вертикально-фрезерный станок	1,5
19	Вертикально-сверлильный станок	8,9

Продолжение таблицы 1

20	Вертикально-сверлильный станок	14,5
21,23	Токарно-револьверный станок	12
22	Токарно-револьверный станок	8,5
24	Токарный с гидрокопиром	13,4
25,26	Токарно-патронный станок	8,6
27,28	Токарно-винторезный станок	11,9
29	Специально-сверлильный станок	25,3
30	Специально-сверлильный станок	37
31	Токарный станок	6,6
32	Токарный станок	1,6
33	Токарный 6-ти шпиндельный п/ав	35
34,35	Гидрокопировальный станок	7,5
36	Плоскошлифовальный станок	16
37	Круглошлифовальный станок	16
38	Резьбофрезерный станок	4,5
39	Горизонтально-фрезерный станок	1,6
40	Вертикально-фрезерный станок	2,8
41	Горизонтально-фрезерный станок	2,1
42,43	Горизонтально-фрезерный станок	4,6
44	Плоскошлифовальный станок	7,6
45	Плоскошлифовальный станок	11,8
46,47	Шлифовальный станок	3,2
48	Шлифовальный станок	3,6
49	Обдирочно-шлифовальный станок	10,2
50	Обдирочно-шлифовальный станок	13,5
51	Токарно-винторезный станок	6
52	Токарно-винторезный станок	2,4
53,54	Токарно-винторезный станок	21,3
55	Компрессор	2,6
56	Радиально-сверлильный станок	22,4
57	Горизонтально-расточный станок	25
58	Токарно-винторезный станок	43
59	Токарно-винторезный станок	18,6
60	Токарно-винторезный станок	6,4
61	Токарно-винторезный станок	2,4
62	Токарно-винторезный станок	1,2
63	Сварочный аппарат	40
64	Вертикально-фрезерный станок	2,8

65	Горизонтально-фрезерный станок	9,7
66,67	Горизонтально-фрезерный станок	13,1
68	Радиально-сверлильный станок	12,2

Окончание таблицы 1

69	Горизонтально-расточный станок	15,5
70	Пресс механический	10,4
71	Вентилятор	12
72,73	Сварочный аппарат	40
74	Токарный станок	8
75	Токарный станок	6,5
76,77,78	Вентилятор	12

Для

реализации каждой из трех вариантов схем используются различные аналитические методы и способы группировки электроприемников.

1. В радиальной схеме распределим оборудование по распределительным шкафам (ШР) так, чтобы суммарная мощность оборудования в каждом шкафу была примерно одинакова и в соответствии с расположением. Так же рассчитаем длительные токи отдельных ЭП и ШР (необходимый для нахождения токов, расчёт нагрузок предварительно был осуществлён по методу коэффициента максимума), которые необходимы для выбора количества и сечения проводников. Согласно особенностям цеха, был выбран кабель марки АВВГ, прокладка в лотках. Расчет сечений кабелей для распределительных пунктов цеха был произведен ранее и результаты представлены в табл.2.

Табл.2. Сечения кабелей
для распределительных пунктов цеха.

Радиальная схема

Узел питания	I_p, A	$I_{пик}, A$	Марка кабеля
ПР1	170,06	604,16	АВВГ (4х35)
ПР2	70,69	307,95	АВВГ (4х25)
ПР3	33,65	302,22	АВВГ (4х120)
ПР4	135,23	569,33	АВВГ (4х16)
ПР5	22,92	217,35	АВВГ (4х50)
ПР6	77,53	516,58	АВВГ (4х95)
ПР7	91,86	556,00	АВВГ (4х25)

ПР8	38,82	345,28	АВВГ (4х95)
ПР9	98,32	643,31	АВВГ (4х35)

Кроме самих электроприемников и кабелей, подведенных к ним, в схему электроснабжения входят защитные аппараты, шкафы распределительные, трансформаторы и распределительные устройства. Их также необходимо учесть при расчете суммарной стоимости схемы. Данные по стоимости кабелей и аппаратуры для радиальной схемы сведены в табл. 3. Дата обращения к прайс-листам по оборудованию 17.05.16.

Табл.3. Стоимость дополнительной аппаратуры для радиальной схемы

Наименование	Кол-во элементов	Общая стоимость, тыс. руб.
Кабельные линии	-	291 311
Защитные аппараты (автоматические выключатели ВА)	9	19 854
Шкафы распределительные ПР8501-027-21УЗ	9	186 894
Трансформатор ТМГ 2500/10/0,4	2	1700 000
Вводно-распределительное устройство ВРУ1В-19-90	1	65 230
Итого:		2 198 124

Как видно из перечня, большую часть стоимости (77%) составляют трансформаторы, т.к. они относятся к дорогостоящему оборудованию.

2. В магистральной схеме распределим оборудование по магистральным шинопроводам (ШМА), учитывая уже выбранное расположение оборудования наиболее оптимальным способом. Результаты распределения и суммарная мощность оборудования представлены в табл.4.

Табл.4. Перечень электрооборудования цеха для магистральной схемы

Узлы нагрузки		Номера электроприемников	Суммарная мощность, кВт	
ШМА	ШР1	13-37, 64-69	218,2	911,5

	ШР2	1-12, 38-50, 64, 70-78	578,2	
	ШР3	51-62, 71	115,1	

Значения длительного тока отдельных ЭП остаются те же и сечения кабельных линии тоже, при этом длина данных линии значительно уменьшается из-за появления шинопроводов. Это является основным преимуществом магистральной конфигурации сети электроснабжения. В свою очередь шинопровод имеет гораздо более высокую стоимость по сравнению с кабелем, однако такой способ прокладки обеспечивает наибольшую надёжность. Кроме того, топология схемы позволяет исключить автоматические выключатели, которые назначались для защиты отдельных ПР. Составляющие стоимости оборудования для магистральной схемы отображены в табл. 5.

Табл.5. Дополнительная аппаратура для магистральной схемы и стоимость элементов

Наименование	Кол-во элементов	Общая стоимость, тыс. руб.
Кабельные линии	-	70 687
Шинопровод ШМА 4-1600-44-1У3, присоединительная конфигурация	1	584 000
Защитные аппараты (автоматические выключатели ВА)	-	-
Трансформатор ТМГ 2500/10/0,4	2	1700 000
Вводно-распределительное устройство ВРУ1В-19-90	1	65 230
Итого:		2 479 917

Из вышеприведенных данных видно, экономия на защитной аппаратуре не оправдала себя, и за счет высокой стоимости шинпровода, составляющего основную долю затрат, общая стоимость магистральной схемы оказалась на 13% больше стоимости радиальной.

3. В смешанной схеме распределение ЭП по шкафам будет то же, что и в радиальной (см. табл.2). Методика расчета близка к той, которая использовалась при расчете радиальной схемы. Итоговая стоимость смешанной схемы приведена в табл. 6.

Табл.6. Дополнительная аппаратура для смешанной схемы и стоимость элементов

Наименование	Кол-во элементов	Общая стоимость, тыс. руб.
Кабельные линии	-	298 436
Защитные аппараты (автоматические выключатели ВА)	9	19 854
Шкафы распределительные ПР8501-027-21УЗ	9	186 894
Трансформатор ТМГ 2500/10/0,4	2	1700 000
Вводно-распределительное устройство ВРУ1В-19-90	1	63,225
Итого:		2 205 247

Как видно из расчета итоговой стоимости, затраты на оборудование для радиальной и смешанной схем сопоставимы (разница составляет порядка 1%) (рис. 4). Наиболее низкая стоимость у схемы электроснабжения радиального исполнения.

Итоговая стоимость схем электроснабжения разной конфигурации

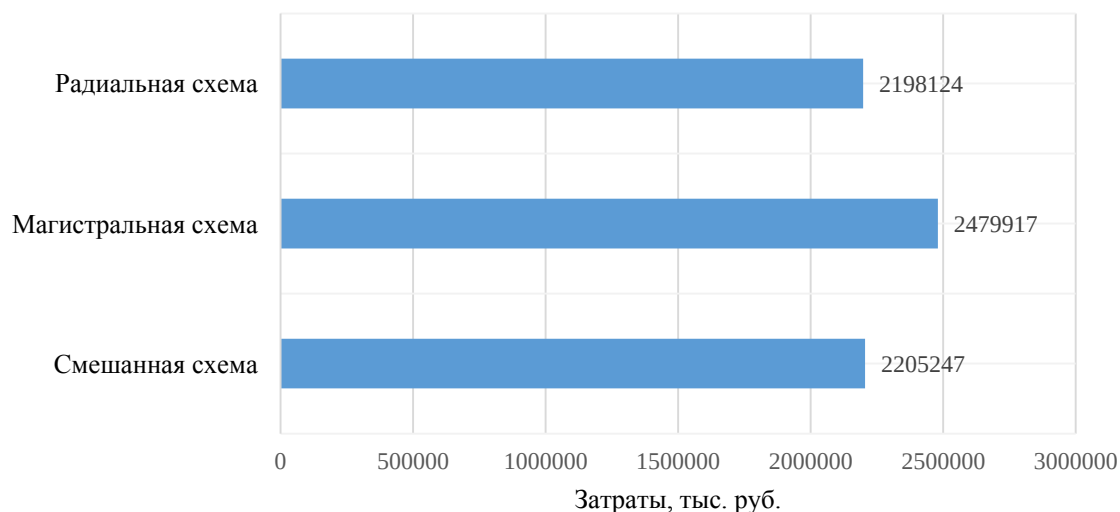


Рис.4. Сравнение итоговой стоимости схем электроснабжения различной конфигурации

Также необходимо проанализировать данные схемы и по другим критериям, помимо стоимости. Каждая из схем имеет свои особенности.

Радиальные схемы обеспечивают высокую надежность электропитания, удобны в эксплуатации, в них легко могут быть применимы элементы автоматики. Недостатком данной схемы является невозможность перемещения оборудования. Данная схема предназначена для применения в пыльных, взрывоопасных и пожароопасных производствах.

Магистральные схемы применяются для питания силовых и осветительных нагрузок равномерно распределенных по площади цеха, а так же группы ЭП одной технологической линии – ЭП распределённых равномерно/неравномерно в одном направлении. Одна питающая магистраль обслуживает несколько распределительных шкафов (пунктов) и крупные ЭП цеха. Несмотря на дороговизну шинопроводов, по сравнению с кабельными линиями, монтаж такой схемы осуществляется гораздо легче. Так же монтаж данной схем возможно осуществить наиболее безопасным способом, расположив токопровод на максимально возможной высоте. Монтаж и обслуживание данной схемы являются наиболее экономичными. Кроме того, несмотря на большие токи КЗ (по сравнению с радиальными схемами) в

магистральной схеме потери по напряжению гораздо меньше. Недостатком данной схемы является её высокая стоимость и пониженная надёжность – повреждение магистрали ведёт к выходу из строя всех ЭП, запитанных от неё.

Смешанная схема питания «цепочка» может применяться только при стабильном расположении ЭП не более 3-4, при нестабильном расположении мощность ЭП ограничена максимальным значением 1-2 кВт. В данном случае расположение всех ЭП стабильно (отсутствуют подвижные ЭП типа кранов). Надёжность данной схемы ниже, чем у радиальной, но выше чем у магистральной – только повреждение линии, питающей всю «цепочку» приведёт к выходу из строя всех ЭП. Токи КЗ в данной схеме так же имеют довольно высокие значения.

1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). В зависимости от категории потребителей необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, сегментировать рынок электроэнергетики можно по следующим критериям: производственная мощность предприятия, тип производства по графику электрических нагрузок, категория надёжности электроснабжения потребителей, энергоемкость (доля энергозатрат в себестоимости продукции).

Согласно типу производства по графику электрических нагрузок предприятия подразделяются на:

- односменные (1500-2500 ч – число часов использования максимума нагрузки);
- двухсменные (3500-4500 ч);
- трехсменные (5000-7000 ч).

Ремонтно-механический завод можно отнести к двухсменным предприятиям; в частности инструментальный цех работает в три смены.

Кроме того, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) в отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяют на следующие три категории:

Электроприемники 1 категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству; повреждение

дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Электроприемники 2 категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники 3 категории — все остальные электроприемники, не подходящие под определения 1 и 2 категорий.

Для построения карты сегментирования рынка выберем два наиболее значимых критерия: мощность предприятия и категория потребителя по надежности электроснабжения.

Табл.7. Карта сегментирования услуг электроэнергетики в сфере электроснабжения

		Категория потребителя по надежности электроснабжения		
		I	II	III
Размер предприятия	Крупные	P	C	M
	Средние	P,C	P,M,C	M,C
	Малые	P,C	P,M,C	P,M,C

В данной таблице: P = радиальная, M = магистральная, C = смешанная схемы электроснабжения.

В силу того, что радиальная схема обеспечивает наибольшую надёжность, по сравнению с магистральной, её применение возможно для электроснабжения потребителей 1 категории. Для предприятий средних и малых смешанная схема так же обеспечивает достаточную надёжность электроснабжения, наравне с радиальной.

Для крупных и средних потребителей 2 и 3 категорий высокая надёжность электроснабжения не требуется, поэтому возможно применение магистральной схемы.

Технологические особенности инструментального цеха диктуют необходимость применения именно радиальной схемы, т.к. электроприемники не связаны единым технологическим процессом, а значит необходимо обеспечить бесперебойное питание станков, независимо от работы других.

1.2. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ различных конфигураций схем электроснабжения необходимо проводить систематически, поскольку НТП находится в постоянной динамике. Такой анализ помогает вносить коррективы в существующие схемы, чтобы преумножать преимущества выбранной схемы над другими, менее выгодными. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны альтернативных схем.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о других возможных конфигурациях сети:

- технические характеристики разработки;
- эффективность;
- бюджет разработки;
- тенденции изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, приведенной в табл. 8. Радиальная схема обозначена к1, магистральная – к2, смешанная – к3. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 8, подобраны, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция выбранной схемы электроснабжения цеха и альтернативных вариантов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 (100%).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \text{ где:}$$

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Пример расчета:

$$K_{K1} = \sum B_i \cdot B_i = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 1 + 0,05 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 1 + 0,05 \cdot 2 + 0,05 \cdot 4 = 3,45$$

Все критерии оценки можно разделить на два типа: технические и экономические

Табл.8. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бк1	Бк2	Бк3	Кк1	Кк2	Кк3
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,25	5	1	3	1,25	0,25	0,75
2. Энергоэкономичность (минимум потерь)	0,1	1	5	1	0,1	0,5	0,1
3. Величина токов КЗ (минимальная)	0,05	5	1	2	0,25	0,05	0,1
4. Безопасность	0,2	3	4	3	0,6	0,8	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,20	4	1	4	0,8	0,2	0,8
2. Затраты на монтаж схемы (минимальные)	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
3. Простота обслуживания	0,05	3	4	2	0,15	0,2	0,1
4. Долговечность оборудования	0,05	3	4	3	0,15	0,2	0,15
Итого	1	27	25	22	3,6	2,7	3

Согласно оценочной карте наиболее целесообразной и конкурентоспособной в данной ситуации является радиальная схема. Дальнейший анализ и расчёт будет применён только к данной схеме.

Проанализируем результаты, полученные благодаря оценочной карте:

1. Чем обусловлена уязвимость наиболее перспективного варианта относительно конкурентных вариантов, и возможно ли увеличить долю применимости данной схемы на рынке энергетики?

Уязвимость радиальной схемы состоит в большой величине потерь электроэнергии; сложности обслуживания и ремонта; сложности монтажа данной схемы; среднем уровне безопасности.

Увеличение доли применимости не совсем целесообразно, т.к. выбор конфигурации сети – процесс, строго зависящий от множества факторов. Устранение недостатков данной схемы приведёт к возникновению других проблем. Снижение потерь электроэнергии приведет к усложнению схемы: при ликвидации распределительных шкафов потери снизятся, но обслуживание данной схемы станет сложнее. При прокладке кабелей в земле либо эстакадах или галереях, безопасность данной схемы значительно увеличится, но такие способы монтажа довольно дорогостоящие – они увеличат затраты на осуществление данной схемы.

2. В чём состоит конкурентное преимущество данной схемы перед другими?

Основными конкурентными преимуществами данной схемы являются её высокая надёжность вкупе с малой стоимостью. Также отмечено, что токи КЗ в данной схеме минимальны, что позволяет использовать аппараты защиты, рассчитанные на меньшие нагрузки и, следовательно, снизить стоимость схемы в целом.

1.3 Оценка выбранного варианта при помощи технологии QUAD

Технология оценки QUAD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений, описанных в разделе 1.2.

В основе технологии QUAD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность
- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл. 9). В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Табл.9. Оценочная карта QUAD для анализа радиальной схемы

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,04	60	100	0,6	0,024
2. Надёжность	0,11	100	100	1	0,11
3. Безопасность	0,14	70	100	0,8	0,112
4. Эргономичность	0,07	100	100	1	0,07
5. Простота эксплуатации	0,04	90	100	0,9	0,036
6. Материалоемкость	0,09	100	100	1	0,09
7. Унифицированность	0,08	90	100	0,9	0,072
8. Способность к модификациям	0,06	75	100	0,75	0,045
9. Ремонтопригодность	0,04	85	100	0,85	0,034
10. Долговечность	0,03	80	100	0,8	0,024
11. Безвредность	0,05	100	100	1	0,05
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
12. Конкурентоспособность	0,06	80	100	0,8	0,048
13. Перспективность рынка	0,02	70	100	0,7	0,014
14. Цена	0,09	90	100	0,9	0,081
15. Финансовая эффективность	0,05	85	100	0,85	0,043
16. Инвестиционная привлекательность	0,02	80	100	0,85	0,017
17. Послепродажное обслуживание	0,01	80	100	0,8	0,008
Итого	1	-	-		0,878

Оценка качества и перспективности исследуемого варианта по технологии QUAD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i;$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение Π_{cp} позволяет судить о перспективах разработки данного варианта схемы электроснабжения. В случае радиальной конфигурации сети:

$$\Pi_{cp} = 0,878 \cdot 100\% = 87,8\%.$$

Полученное значение больше 80%, это означает, что данная разработка является перспективной.

Среди возможных улучшений можно отметить увеличение безопасности и ремонтпригодности данной схемы, применив прокладку кабелей в эстакадах. Это повлечет за собой увеличение в цене, но суммарный вес критериев безопасности и ремонтпригодности (0,18) больше, чем вес цены (0,09), поэтому предложенные нововведения положительно скажутся на общей перспективности разработки. Кроме того, это облегчит послепродажное обслуживание схемы.

Такой параметр, как энергоэффективность, больше относится к используемым элементам сети, чем непосредственно к ее конфигурации, поэтому более тщательная подборка компонентов системы обеспечит удовлетворительные показатели энергоэффективности.

Что касается перспективности рынка, то она является внешним фактором, повлиять на который не представляется возможным. Тем не менее, ввиду усиленной политики энерго- и ресурсоэффективности вопрос о конфигурации сети электроснабжения будет набирать актуальность, что привлечет дополнительных инвесторов и сделает эту отрасль инвестиционно привлекательной.

Остальные параметры, относящиеся к данной схеме, не подвластны изменениям или и без того достаточно высоки и практически не нуждаются в серьезных доработках.

1.4 SWOT анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (табл. 10).

Табл.10. Этап 1 – составление предварительной матрицы SWOT

	Сильные стороны проекта: С1: Низкая цена элементов схемы С2: Высокая надёжность электроснабжения потребителей С3: Высокая эргономичность С4: Низкая материалоемкость С5: Высокая ремонтпригодность	Слабые стороны проекта: Сл1: Доступность токоведущих частей Сл2: Низкая безопасность Сл3: Низкая энергоэффективность
Возможности проекта В1: Прокладка кабелей в эстакадах В2: Снижение цен на используемое оборудование В3: Повышение стоимости конкурентных разработок В4: Растущая заинтересованность инвесторов		
Угрозы проекта У1: Значительное увеличение стоимости схемы (прокладка кабелей в эстакадах) У2: Повышение цен на компоненты системы У3: Усовершенствования конкурентных технических решений У4: Снижение спроса		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Результаты второго этапа SWOT анализа представлены в табл. 11-14.

Табл.11. Этап 2 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	0	+	–	+
	B2	+	0	0	0	0
	B3	+	0	0	0	0
	B4	+	0	0	0	0

Из анализа интерактивной матрицы SWOT можно заметить корреляцию сильных сторон и возможностей B1C1C3C5, B2C1, B3C1 и B4C1.

Табл.12. Этап 2 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта.

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	+	0
	B2	–	–	–
	B3	–	–	–
	B4	0	+	+

Из анализа интерактивной матрицы SWOT можно заметить корреляцию слабых сторон и возможностей B1Сл1Сл2 и B4Сл2Сл3.

Табл.13. Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта.

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	–	–	0	–
	У2	+	–	–	0	–
	У3	–	–	–	–	–
	У4	–	–	–	–	–

Из анализа интерактивной матрицы SWOT можно заметить корреляцию сильных сторон и угроз У1У2С1.

Табл.14. Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	–	–	–
	У2	–	–	–
	У3	–	+	+
	У4	+	+	+

Из анализа интерактивной матрицы SWOT можно заметить корреляцию слабых сторон и угроз У3Сл2Сл3 и У4Сл1Сл2Сл3.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (табл. 15), которая учитывает сочетание возможностей с сочетанием сильных сторон.

Табл.15. Этап 3 – результаты SWOT анализа

	Сильные стороны проекта: С1: Низкая цена элементов схемы С2: Высокая надёжность электроснабжения потребителей С3: Высокая эргономичность С4: Низкая материалоемкость С5: Высокая ремонтпригодность	Слабые стороны проекта: Сл1: Доступность токоведущих частей Сл2: Низкая безопасность Сл3: Низкая энергоэффективность
Возможности проекта В1: Прокладка кабелей в эстакадах В2: Снижение цен на используемое оборудование В3: Повышение стоимости конкурентных разработок В4: Растущая заинтересованность инвесторов	В1С1С3С5, В2С1, В3С1, В4С1	В1Сл1Сл2, В4Сл2Сл3
Угрозы проекта У1: Значительное увеличение стоимости схемы (прокладка кабелей в эстакадах) У2: Повышение цен на компоненты системы У3: Усовершенствования конкурентных технических решений У4: Снижение спроса	У1У2С1	У3Сл2Сл3, У4Сл1Сл2Сл3

После проведения трех этапов SWOT-анализа и на основании его результатов можно сказать:

- Риск снижения спроса – одна из основных угроз проекта, которая коррелирует со всеми его слабыми сторонами;
- Слабые стороны ликвидируемы за счет усовершенствования конструкции схемы;
- Для минимизации угроз необходимо обратить внимание на недостатки данной конфигурации сети электроснабжения, а именно доступность токоведущих частей, низкая энергоэффективность и ремонтпригодность;
- Кроме того, необходимо акцентировать внимание на сильные стороны схемы, такие как экономичность, надёжность и эргономика;
- Прокладка кабелей в эстакадах – одно из наиболее весомых технических решений, относящихся к возможностям проекта, т.к. оно взаимосвязано с большинством сильных сторон;
- За счёт модификации схемы, а именно использования такого способа прокладки кабелей, как прокладка в эстакадах, можно скомпенсировать такие слабости, как доступность токоведущих частей и низкая безопасность;

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что прокладка в эстакадах позволит получить наибольшую отдачу от данного проекта. Благодаря прогрессирующим разработкам в области электроэнергетики и электротехники, совершенствованию конструкций аппаратуры и энергоэффективности материалов негативные факторы могут быть минимизированы.

2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. Однако в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно, используя морфологический подход, предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

В последние годы научно-технический прогресс развивается как никогда быстро. Нетрудно предположить, что в скором времени разрабатываемые сейчас технологические проекты уже будут не актуальны. В связи с этим, разработку новых проектов нужно осуществлять с прицелом на дальнейшее развитие предприятия. То есть проекты электроснабжения, разрабатываемые сейчас, должны динамически приспосабливаться к условиям новой среды. В связи с этим, необходимо определить дальнейшие пути развития или модификации разрабатываемой схемы электроснабжения цеха предприятия. Удобнее всего раскрыть всё многообразие имеющихся вариантов в виде морфологической матрицы, приведенной в табл. 16.

Табл.16. Морфологическая матрица для разрабатываемой схемы

	1	2	3	4
А: Марка кабеля	КВВГЭнг(А)	ВВГнг-LS	ППГнг(А)-HF	ПвВГнг-FRLS
Б: Материал жилы кабеля	Вольфрам	Медь	Алюминий	Серебро
В: Способы прокладки кабеля	В туннелях	В эстакадах	В блоках	В трубах
Г: Аппараты защиты от перенапряжений	ОПН	Трубчатый разрядник	УЗПН	Вентильный разрядник
Д: Аппараты защиты от токов КЗ	Тепловое реле	Автоматические выключатели	Магнитные пускатели	Плавкие предохранители

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений осуществляется с позиции его функционального содержания и ресурсосбережения. Для данной морфологической матрицы можно выделить три наиболее перспективных пути развития разрабатываемой схемы, а именно:

1. А3В2В3Г3Д4
2. А1В3В2Г1Д2
3. А2В2В1Г4Д3

Наиболее приемлемым вариантом является второй (А1В3В2Г1Д2), т.к. входящие в него компоненты и материалы обеспечивают высокую надёжность, не приводя к большим затратам. Кабель марки КВВГЭнг(А) при горении практически не выделяет дыма и токсичных веществ, то есть является безопасным. Кабели с алюминиевой жилой не рассчитаны на большие нагрузочные токи и по этому параметру уступают другим, например, медным аналогам. Однако, выбор алюминия в качестве материала жилы обеспечивает самое оптимальное соотношение цена-качество. Выше уже были

проанализированы преимущества способа прокладки кабелей в эстакадах, поэтому остановим свое предпочтение на нем. Выбранные аппараты защиты – ограничители перенапряжений (ОПН) – на данный момент используются наиболее широко, что является гарантом их качества и хорошей работы. Кроме того, из-за достаточной распространенности данных аппаратов на рынке их стоимость приемлема. В качестве аппаратов для защиты токов короткого замыкания рациональнее всего выбрать автоматические выключатели. Несмотря на высокую стоимость, они надёжны, долговечны и способны обеспечить защиту от токов перегрузки.

3. Планирование научно-исследовательских работ

3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Перечень этапов и работ, проведённых в рамках научного исследования представлен в табл.17.

Табл. 17. Перечень этапов работ научного исследования

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка ТЗ	1	Составление технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор материалов по теме	Инженер
	3	Изучение релевантной информации	Инженер
	4	Систематизирование информации	Инженер
	5	Создание календарного плана работ	Инженер
Теоретические исследования	6	Анализ возможных конфигураций сети электроснабжения цеха	Инженер
	7	Разработка вариантов схем электроснабжения на основе существующих конфигураций	Инженер

	8	Выбор электрооборудования и его расположения на предприятии	Инженер
	9	Предварительный расчёт нагрузок	Инженер
	10	Выбор токоведущих линий и аппаратов защиты	Инженер
	11	Сравнение вариантов схем	Инженер

Продолжение табл. 17

Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	13	Оформление отчёта по НИР	Инженер

В результате определения структуры работ в рамках научного исследования было выявлено четыре основных этапа (разработка технического задания, выбор направления исследований, теоретические исследования, обобщение и оценка результатов) и 13 работ. Первый этап, включающий в себя разработку технического задания, осуществляется руководителем проекта, остальные 12 работ выполняются инженером.

3.2. Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоёмкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоёмкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоёмкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min}$ – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Если в качестве примера брать первый этап – выбор направления научных исследований, то можно сказать, что скорость работы исполнителя напрямую зависит от его опыта в проектировании и анализе энергосетей и схем электроснабжения. В случае, если исполнитель сталкивается с подобной задачей впервые, то работа займет больше времени, и наоборот, опытный исполнитель выполнит работу в кратчайшие сроки. Таким образом, минимально возможную трудоёмкость можно оценить в 3 чел.-дн., а максимальную – 5 чел.-дн. Рассчитаем трудоёмкость с учётом того, что рабочая неделя составляет 5 дней:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел.-дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоёмкости следует рассчитать продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

В данном случае работа выполняется индивидуально (инженером), следовательно, продолжительность каждой работы будет рассчитана с учетом того, что $Ч=1$ чел. И численно равна ожидаемой трудоемкости выполнения.

3.3. Разработка графика проведения научного исследования

Для построение графика проведения научного исследования воспользуемся ленточным графиком в форме диаграммы Ганта. Она является наиболее удобным и наглядным способом распределения проведения научных работ во времени.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности для 2016 года составляет:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 199} = 1,48.$$

Тогда длительность рассмотренной выше работы в календарных днях составит:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 3,8 \cdot 1,48 = 5,63 \sim 6 \text{ дн.}$$

Расчетные показатели для построения диаграммы Ганта для научного исследования приведены в табл. 18.

Табл.18. Временные показатели проведения научного исследования

№ п/п	Название работы	Трудоёмкость работ			Длитель- ность работ в рабочих днях T_{pi}	Длитель- ность работ в кален- дарных днях T_{ki}	Длитель- ность работ в кален- дарных днях T_{ki} целое
		t_{min} , чел- дни	t_{max} , чел- дни	$t_{ож}$, чел- дни			
1	Составление технического задания	1	3	1,8	1,8	2,7	3
2	Подбор материалов по теме	1	2	1,4	1,4	2,1	2
3	Изучение релевантной информации	2	4	2,8	2,8	4,1	4
4	Систематизирование информации	1	2	1,4	1,4	2,1	2
5	Создание календарного плана работ	1	2	1,4	1,4	2,1	2
6	Анализ возможных конфигураций сети электрооборудования цеха	1	1	1	1	1,5	1
7	Разработка вариантов схем электрооборудования на основе существующих конфигураций	2	3	2,4	2,4	3,6	4
8	Выбор электрооборудования и его расположения на предприятии	2	4	2,8	2,8	4,1	4
9	Предварительный расчёт нагрузок	4	9	6	6	8,9	9
10	Выбор токоведущих линий и аппаратов защиты	1	2	1,4	1,4	2,1	2
11	Сравнение вариантов схем	3	6	4,2	4,2	6,2	6
12	Оценка эффективности полученных результатов	1	2	1,4	1,4	2,1	2
13	Оформление отчёта по НИР	6	10	7,6	7,6	11,2	11
ИТОГО		26	50	36,4	36,4	52,7	53

На основании данных таблицы 18 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. Для имеющейся в таблице 18 максимальной трудоёмкости длительность выполнения проекта в рабочих днях составит 36 дней, в календарных – 53, что далее будет учтено в расчётах основной заработной платы исполнителей темы. Согласно календарному плану-графику максимальная длительность выполнения работ составит 74 календарных дня.

Табл.19. Календарный план-график проведение НИОКР

№	Вид работ	Исполнитель	Т _к , кал. дней	Продолжительность выполнения работ, 2015 год									
				сентябрь		октябрь			ноябрь			декабрь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление технического задания	Руководитель	4	■									
2	Подбор материалов по теме	Инженер	3	■	■								
3	Изучение релевантной информации	Инженер	6		■	■							
4	Систематизирование информации	Инженер	3		■	■							
5	Создание календарного плана работ	Инженер	3			■							
6	Анализ возможных конфигураций сети электроснабжения цеха	Инженер	1			■							
7	Разработка вариантов схем электроснабжения на основе существующих конфигураций	Инженер	4			■	■						
8	Выбор электрооборудования и его расположения на предприятии	Инженер	6			■	■	■					
9	Предварительный расчёт нагрузок	Инженер	13				■	■	■	■			
10	Выбор токоведущих линий и аппаратов защиты	Инженер	3					■					

Продолжение табл. 19

11	Сравнение вариантов схем	Инженер	9										
12	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	3										
13	Оформление отчёта по НИР	Инженер	15										
ИТОГО			74										

Как видно из календарного план-графика проведения НИОКР, самыми трудоемкими оказались этапы предварительного расчёта нагрузок, сравнение вариантов схем, а также оформление отчёта по НИР. Расчет нагрузок требует от исполнителя умения работать с большими объемами информации, владения математическим аппаратом по расчету параметров схемы электроснабжения, а также навыки работы со специализированным программным обеспечением, например, с программой Electronics Workbench. Сопоставление трех различных вариантов схем также является трудоемким процессом, т.к. необходимо принять во внимание и учесть множество факторов, влияющих на целесообразность применения той или иной конфигурации системы электроснабжения. И, наконец, оформление отчета по научно-исследовательской работе заслуживает отдельного внимания, т.к. он является весьма важным документом на этапе отчетности о проделанной работе, подачи заявки на финансирование или привлечения инвесторов, а также дальнейших разработках. Эти этапы являются ключевыми в ходе проведения научного исследования, поэтому уделение им достаточного количества времени целесообразно.

3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.4.1. Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью должны быть включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Т.к. работа является исследовательской, все работы могут быть произведены с помощью специализированного программного обеспечения.

Расчеты по приобретению специализированного ПО и используемого для данной работы, сведены в табл. 20. Цены указаны для декабря 2015 года с учётом того, что исследования проводятся на базе Национального исследовательского Томского политехнического университета, то есть ПО приобретено с корпоративной лицензией для образовательного учреждения.

Табл. 20. Расчёт бюджета затрат на приобретение специализированного программного обеспечения

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб
1	Пакет Microsoft Office (в т.ч. MS Word, MS Excel)	1	1,750	1,750
2	Microsoft Visio	1	1,480	1,480
3	MathCAD	1	4,320	4,320
4	Electronics Workbench	1	0,713	0,713
ИТОГО:				8,263

Данное программное обеспечение необходимо для проведения научно-исследовательской работы на всех ее этапах. Программа Microsoft Visio позволит разработать схемы расположения электрооборудования на предприятии. С помощью системы моделирования электрических схем Electronics Workbench возможно проанализировать возможные конфигурации сети электроснабжения цеха и провести расчеты токов и напряжений, получить графики электрических нагрузок. Система автоматизированного проектирования MathCAD позволяет оперировать большими объемами данных и работать со сложным математическим аппаратом проекта. Пакет Microsoft Office необходим на протяжении всех стадий научно-исследовательской работы.

Как видно из перечня затрат на приобретение специализированного программного обеспечения, основная статья расходов, а именно 52%, приходится на программный пакет MathCAD.

3.4.2. Определение заработной платы участников НТИ

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

В разработке данного проекта принимают участие руководитель, а точнее сотрудник Томского политехнического университета, и инженер-проектировщик, а данном случае – студент.

1. Заработная плата инженера-проектировщика (студента).

Заработная плата инженера-проектировщика определяется как:

$$З_{\Pi} = З_{осн} + З_{доп};$$

$З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата, составляет $0,15 \cdot З_{осн}$;

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p;$$

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата;

T_p – суммарная продолжительность работ, выполняемая научно-техническим работником, раб.дн., в соответствии с табл. 18.

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_M \cdot M}{F_{д}};$$

$З_M$ – месячный оклад научно-технического работника;

M – количество месяцев работы без отпуска ($M = 10,4$ для шестидневной рабочей недели и отпуске в 48 рабочих дней);

F_D – действительный годовой фонд научно технического персонала (определяется за вычетом выходных, праздничных и больничных дней).

Месячный оклад научно-технического работника определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p;$$

Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 30%;

k_D – коэффициент доплат и надбавок, составляет примерно 25%;

k_p – районный коэффициент, для Томска равен 1,3.

Размер заработной платы по тарифной ставке определяется по формуле:

$$Z_{TC} = T_{ci} \cdot k_T;$$

T_{ci} – тарифная ставка работника (принимается равной тарифной ставке работника первого разряда т.е. $T_{ci} = 4330$ руб.);

k_T – тарифный коэффициент в зависимости от разряда (для шестого разряда $k_T = 1,407$).

Используя выше изложенную методику, можно рассчитать размер заработной платы инженера-проектировщика (студента), работающего по 6 разряду и не бравшего больничные дни.

$$Z_{TC} = T_{ci} \cdot k_T = 4330 \cdot 1,407 = 6092 \text{ руб};$$

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p = 6092 \cdot (1 + 0,3 + 0,25) \cdot 1,3 = 12275 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{12275,38 \cdot 10,4}{365 - 118 - 48} = 642 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{он}} \cdot T_p = 641,53 \cdot 36,4 = 23352 \text{ руб};$$

$$Z_{\Pi} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 23352 + 0,15 \cdot 23352 = 26855 \text{ руб}.$$

2. Заработная плата руководителя (сотрудника ТПУ).

Расчёт основной заработной платы руководителя происходит на основании отраслевой системы оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет странице Планово-финансового отдела ТПУ).

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Так как стимулирующие надбавки, иные выплаты и поощрения зависят от деятельности руководителя в частности, то примем коэффициент стимулирующих надбавок равным 30%, а коэффициент поощрения руководителя за добросовестную трудовую деятельность 25%. С учётом документа ««Положение об оплате труда», доцент, к.т.н., работающий в ТПУ имеет оклад равный 22052 рубля. С учётом этого, рассчитаем размер основной заработной платы руководителя НТИ.

$$Z_{осн} = (1 + k_{д} + k_{прем}) \cdot Z_{м} \cdot k_p = (1 + 0,3 + 0,25) \cdot 22052 \cdot 1,3 = 44435 \text{ руб};$$

$$Z_{п} = Z_{осн} + Z_{доп} = 44435 + 0,15 \cdot 44435 = 51100 \text{ руб.}$$

По итогам проделанных расчетов по определению заработной платы участников научно-технического исследования можно сказать, что, как и ожидалось, зарплата руководителя проекта оказалась больше зарплаты инженера-проектировщика. Разница составляет 90% от зарплаты последнего. Величина прожиточного минимума в Томске за 3 квартал 2015 года установлена Распоряжением Губернатора Томской области № 317-р от 30 октября 2015 года в размере: 11336 руб. для трудового населения. Рассчитанная заработная плата инженера-проектировщика более, чем в 2 раза превышает прожиточный минимум по Томской области, а зарплата руководителя – примерно в 4,5 раза, поэтому вознаграждение можно считать достойным.

4. Социальная ответственность организации при разработке системы электроснабжения инструментального цеха ремонтно-механического завода

4.1 Описание рабочей зоны персонала, обслуживающего систему электроснабжения инструментального цеха

В настоящее время жизнь и безопасность человека неотрывно связано с электроэнергетикой. Главным преимуществом электрической энергии является её относительная простота производства, передачи, дробления и использования.

Основными потребителями электрической энергии являются промышленные объекты и гражданские здания.

Социальная ответственность организации представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально - экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Целью данного раздела является оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, воздействующих на работника, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов техники безопасности, пожарной профилактики, защиты в чрезвычайных ситуациях, охраны окружающей среды при работе электротехнического персонала в инструментальном цехе ремонтно-механического завода.

Для осуществления производства в данном цехе установлено соответствующее оборудование (78 единиц). Технологический процесс включает в себя работу со сварочным оборудованием, станками и транспортными приспособлениями.

Электротехнический персонал, обслуживающий систему электроснабжения, электроустановки и оборудование инструментального цеха, работает в условиях возможного воздействия ряда неблагоприятных для здоровья факторов, обусловленных состоянием помещений и характером

производства. В связи с этим, обязательным является соблюдение санитарных норм проектирования промышленных предприятий СП 2.2.1.1312-03.

1.1 Анализ опасных и вредных факторов

На человека в процессе его трудовой деятельности могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы.

К опасным на данном производстве относятся следующие факторы:

1. Возможность поражение человека вращающимися частями электрооборудования (токарно-винторезный станок, токарно-револьверный станок);
2. Возможность термического поражения при контакте с частями электроустановок (компрессор);
3. Возможность поражения электричеством (работа со сварочным аппаратом, случайное прикосновение к токоведущим частям оборудования);
4. Возможность поражения от факторов пожарной опасности.

1.2 Производственная санитария

Согласно ГОСТ 12.0.002-97 производственной санитарией называется система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Для создания нормальных условий работы объем производственных помещений должен составлять на одного работающего не менее 15 м³, площадь не менее 4,5 м², при высоте помещения не меньше 3,2 м.

В цехах должны быть предусмотрены гардеробные, душевые, помещения для отдыха, оздоровительные кабинеты для рабочих завода.

1.2.1 Воздух рабочей зоны

Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет качество воздуха в производственных помещениях.

По ГОСТ 12.1.005-97ССБТ нормируются следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздушного потока, ПДК вредных веществ.

Эти данные приведены в таблице 4.2.1

Таблица 4.2.1 – Нормируемое качество воздуха

Сезон года	Категория работы	Температура, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный период года	I	20-30	60-40	0,2
	IIa	18-20		0,2
	IIб	17-19		0,3
	III	16-18		0,3
Теплый период года	I	22-25	60-40	0,2
	II a	21-23		0,3
	II б	20-22		0,4
	III	18-21		0,5

При оценке допустимых значений температуры и влажности воздуха учитывается категория тяжести работ. По степени физической тяжести работа относится к категории средней тяжести IIб (СанПиН 2.2.4.548-96).

Параметры микроклимата в зимнее время поддерживаются системой отопления, летом – общеобменной вентиляцией.

1.2.2 Вентиляция

При осуществлении любого производственного процесса, как правило, всегда выделяется теплота. Источниками теплоты являются печи, котлы, паропроводы и т. д. Теплота выделяется при сжигании топлива, нагреве, при переходе электроэнергии в теплоту и т.п.

Многие производственные процессы сопровождаются выделением пыли. Проникая в организм человека при дыхании, при заглатывании и через поры кожи могут вызвать различные заболевания. Поэтому для поддержания

микроклимата в цехах завода в оптимальном состоянии используется вентиляция помещений.

Вентиляция позволяет осуществлять регулируемый воздухообмен, обеспечивающий нормальные санитарно-гигиенические условия в производственных помещениях.

В цехах завода используется общеобменная, механическая приточно-вытяжная вентиляция. Для очистки загрязненного воздуха, выбрасываемого в атмосферу используются пылеотделители.

1.2.3 Защита от шума и вибрации

К вредным факторам на производстве относятся также и шум. Повышение звукового давления негативно влияет на орган слуха. Для измерения громкости (в децибелах Дб) может быть использован двушкальный шумомер.

Кроме того, вибрация – факт высокой биологической активности. Длительное воздействие вибрации вызывает вибрационную болезнь, болезнь сердечно-сосудистой и нервной системы. Источниками вибрации являются электроприемники, транспорт.

Общие требования по шумовой и вибрационной безопасности для электротехнического персонала сведены в таблицы 4.1.2.3.1 и 4.1.2.3.2 [8, 9].

Таблица 4.1.2.3.1 - Общие требования по шумовой безопасности

Рабочие места в инструментальном цехе	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах с среднегеометрическими частотами, Гц				Уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	
Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятия	110	99	92	86	85

Таблица 4.1.2.3.2 - Общие требования по вибрационной безопасности

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах с среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Шум на исследовательском рабочем месте создаётся вентиляционной системой и производственным оборудованием (станки).

В качестве защиты от шума и звука следует применять нормирование; некоторые технические тонкости, звукоизоляцию, звукопоглощение, специальные глушители аэродинамического шума, средства индивидуальной защиты (наушники, беруши, противошумные каски, специальная противошумная одежда).

Всё оборудование, являющееся источником вибраций, должно быть установлено на виброопорах.

1.2.4 Освещение

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с [7].

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

Наилучшим видом освещения является дневное, солнечное. Поэтому в соответствии с СП все цеха завода имеют естественное освещение. Но дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течении всего рабочего дня, а так же зависит от погодных условий.

Поэтому цеха завода обеспечиваются естественным и искусственным освещением. В качестве источников искусственного освещения применяются лампы накаливания.

На этой основе разработаны требования к освещению для рабочих мест электротехнического персонала в инструментальном цехе, указанные в табл. 4.1.2.4.1 и 4.1.2.4.2.

Таблица 4.1.2.4.1 - Требования к освещению в инструментальном цехе

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность всего, лк	В том числе от общего, лк
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	3	б	средний	темный	750	200

Таблица 4.1.2.4.2 – Нормированные значения коэффициента естественной освещенности (КЕО)

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	КЕО, е _н , %				
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	
						всего	в том числе от общего							P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	—	—	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	400	200	200	40	15				

1.3 Опасность поражения электрическим током

Электропоражение персонала, работающего с электроустановками, является опасным для жизни человека и наступает при соприкосновении его с сетью не менее чем в двух точках. При разработке коллективных и индивидуальных средств защиты от электропоражения необходимо, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), рассмотреть следующие вопросы:

- а) обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- б) требования к электрооборудованию;
- в) анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;
- г) мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;

д) обоснование мероприятий и средств защиты, работающих от поражения электрическим током.

По степени опасности поражения людей электрическим током инструментальный цех относится к категории 2 - помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность, а именно возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Электрический ток представляет значительную опасность для здоровья человека непосредственно при контакте человека с токопроводящей поверхностью.

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Прохождение электрического тока через тело человека вызывает поражение различных органов, оказывает воздействие на нервную систему, кровеносно-сосудистую систему человека, на кровь, сердце, мозг и т.д.

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

1. Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути протекания тока до критической температуры;
2. Электролитическое действие тока выражается в разложении крови, что нарушает ее состав и функции;
3. Механическое действие тока проявляется в значительном давлении в кровеносных сосудах и мышечных тканях;

4. Биологическое действие тока проявляется в раздражении живых тканей, что вызывает реакцию организма – возбуждение, что и обуславливает непроизвольное сокращение мышц.

При наиболее неблагоприятном исходе воздействие электрического тока может привести к смерти человека.

Основным документом, регламентирующим воздействие электрического тока в производственных условиях, является ГОСТ 12.1.009-76.

Для защиты персонала от поражения электрическим током в цехах завода используются следующие меры: изоляция проводов и её непрерывный контроль; предупредительная сигнализация и блокировка; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; защита от случайного прикосновения; защитное заземление; защитное отключение; зануление.

Кроме того, используются индивидуальные электрозащитные средства. В установках до 1000 В рекомендуется использовать диэлектрические перчатки, указатели напряжения, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками.

4.3.1 Защита от случайного прикосновения

Для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям в цехах завода обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту.

Ограждения применяются как сплошные, в виде кожухов и крышек, применяемые в электроустановках до 1000 В, так и сетчатые, которые имеют двери, запирающиеся на замок.

В электроустановках до 1000 В ограждаются – неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением части ЭД, пусковая аппаратура, открытые плавкие вставки.

В электроустановках выше 1000 В – все без исключения токоведущие части (изолированные и неизолированные) должны быть надежно ограждены сетками, закрыты металлическими дверями, заключены в металлические ящики или расположены на недоступной высоте.

Блокировки применяются в электроустановках, в которых часто производятся работы на ограждаемых токоведущих частях и электрических аппаратах. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях кожухов. Блокировки применяются также для предупреждения ошибочных действий персонала при переключениях.

4.3.2 Защитное заземление

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Основное назначение защитного заземления – устранение опасности поражения персонала электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования.

4.3.2 Зануление

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Зануление применяется в четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью.

При занулении корпуса электрооборудования соединяются не с заземлителями, а с нулевым проводом.

Принцип действия: зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита и селективно отключает поврежденный участок сети. Кроме того, зануление снижает потенциалы корпусов, появляющиеся в момент замыкания на землю. При замыкании на зануленный корпус ток короткого замыкания проходит через обмотки трансформатора, фазный провод и нулевой провод.

4.4 Организационные и технические мероприятия по обеспечению защиты от поражения электрическим током. Пожароопасность.

Инструментальный цех, согласно Федеральному Закону от 22.07.2008 №123-ФЗ и Техническому регламенту о пожарной безопасности относится к категории «Г», т.е. это производство где присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) негорючие вещества или материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и/или пламени.

Перед началом работ в электроустановках в целях безопасности необходимо проводить организационные и технические мероприятия.

К организационно-техническим мероприятиям относят: выдачу нарядов; распоряжений и допуска к работе; надзор во время работы; наглядную агитацию и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

Наряды и распоряжения выдают лица, имеющие группу по электробезопасности не ниже V в электроустановках напряжением выше 1000 В, и не ниже IV в установках напряжением до 1000 В. При работе по наряду бригада должна состоять не менее чем из двух человек - производителя работ

и члена бригады. Производитель работ, выполняемых по наряду в электроустановках напряжением выше 1000 В, должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV, в установках до 1000 В и для работ, выполняемых по распоряжению, - не ниже III. Допуск к работе осуществляется допускающим - ответственным лицом из оперативного персонала.

4.4 Охрана окружающей среды

Под охраной окружающей среды понимают совокупность международных, государственных и региональных правовых актов, инструкций и стандартов, доводящих общие юридические требования до каждого конкретного загрязнителя и обеспечивающих его заинтересованность в выполнении этих требований, конкретных природоохранных мероприятий по претворению в жизнь этих требований.

Только если все эти составные части соответствуют друг другу по содержанию и темпам развития, т.е. складываются в единую систему охраны окружающей природной среды, можно рассчитывать на успех.

Природоохранной является любая деятельность, направленная на сохранение качества окружающей среды на уровне, обеспечивающем устойчивость биосферы. К ней относится как крупномасштабная, осуществляемая на общегосударственном уровне деятельность по сохранению эталонных образцов нетронутой природы и сохранению разнообразия видов на Земле, организации научных исследований, подготовке специалистов-экологов и воспитанию населения, так и деятельность отдельных предприятий по очистке от вредных веществ сточных вод и отходящих газов, снижению норм использования природных ресурсов и т.д. Такая деятельность осуществляется в основном инженерными методами.

Работа в инструментальном цеху ремонтно-механического завода сопряжена с образованием твердых отходов. При обращении с твердыми

отходами, а именно: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться [12]: бытовой мусор после предварительной сортировки складывают в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах.

Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с [13]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из неадсорбирующего ртуть материала (винипласта).

4.5 Предотвращение ЧС и устранение их последствий

Наиболее вероятные ситуации в условиях инструментального это возникновение пожара (загорания) и электропоражения.

Основными причинами пожара являются перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Согласно [14], пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 мЗ.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;

- при косвенном прикосновении.

Косвенное прикосновение – это прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление.

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо установить защитное заземление.

4.6 Эвакуация людей из зданий и помещений

В соответствии с требованиями главы СНиП 2.01.02-85 эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях зданий и сооружений, в течение необходимого времени эвакуации. Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий определяют исходя из протяженности эвакуационных путей и скорости движения людских потоков на всех участках пути от наиболее удаленных мест до эвакуационных выходов. План эвакуации представлен на рисунке 4.7.1



Рисунок 4.7.1 – План эвакуации в случае возникновения пожара

Заключение

В результате выполнения курсового проекта на тему «Электроснабжение инструментального цеха ремонтно-механического завода» были решены все поставленные задачи.

В результате расчета электрических нагрузок инструментального цеха по форме Ф636-92 были получены следующие результаты: расчетный ток составил $I_p = 462,6$ А, полная расчетная мощность равна $S_p = 911,5$ кВА. Также были определены полные расчетные мощности остальных цехов предприятия методом K_c и полная расчетная мощность завода с учетом высоковольтной нагрузки и освещения территории.

По результатам расчета нагрузки по цехам завода построена картограмма нагрузок, определен центр электрических нагрузок. Место установки ГПП было выбрано вблизи центра электрических нагрузок в зоне рассеяния.

Определено число и мощность цеховых силовых трансформаторов марки ТМ мощностью 1600, 2500 и произведено их распределение по цехам завода с учетом категории надежности. Питание цеховых трансформаторов осуществляется двухцепными кабельным линиям напряжением 10 кВ марки АПвП.

Электроснабжение завода осуществляется от энергосистемы. Питание предприятия выполнено двухцепной воздушной линией напряжением 110 кВ. Линия выполнена проводом АС-70/11. На ГПП, с целью обеспечения надежности электроснабжения потребителей второй категории, устанавливаются два трансформатора ТМ-25000/110. Выбор трансформаторов осуществлялся с учетом компенсации реактивной мощности на предприятии путем установки КБ.

Для рассматриваемой КТП в инструментальном цехе был выбран трансформатор марки ТМ-2500/10. Для питания трансформаторов были

выбраны кабели марки АПвП трехжильные. Эти сети были проверены на действие токов КЗ.

Питание к электроприемникам выполнено кабелями марок АВВГ сечением от 4 до 95 мм². В качестве защитной аппаратуры в сетях 0,4 кВ были приняты автоматические выключатели серии ВА.

Так как кроме нормального режима в сетях данного предприятия могут присутствовать и аномальные, в том числе КЗ, поэтому токи КЗ были просчитаны в нескольких точках как в сетях выше 1000 В, так и в низковольтных сетях.

По результатам расчетов были построены эпюры отклонений напряжения для максимального, минимального и послеаварийного режимов. Анализ эпюр показал, что во всех режимах отклонение напряжения не превышает максимально допустимого $\pm 5\%$.

По результатам расчета токов КЗ в сети 0,4 кВ построена карта селективности действия защитных аппаратов.

Согласно принятых элементов СЭС была построена однолинейная схема инструментального цеха ремонтно-механического завода (приложение Б).

В результате, спроектирована безопасная и надежная система электроснабжения ремонтно-механического завода инструментального цеха №3.

Список использованных источников

1. 5160-89 «Санитарные правила для механических цехов (обработка металлов резанием)»
2. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок
3. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие./ Л.П. Сумарокова; Томский политехнический университет – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 288 с.
4. Технический каталог электродвигателей; Российский электротехнический концерн РУСЭЛПРОМ; ОАО «Сафоновский электромашиностроительный завод», 2010. - 144 с.
5. Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 189с.
6. Устройства наружной установки блочные трансформаторные П/СТ КТПБ(А) 110/10(6): Технический каталог; «АВМ АМПЕР», 2011 – 14 с.
7. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие/А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006 – 248 с.
8. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с. : ил.
9. Правила устройства электроустановок [Текст]: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с., ил.
10. Обухов С.Г. Математическое моделирование в системах электроснабжения: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Математическое моделирование в системах электроснабжения» / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 74 с.

11. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. -648с.

12. Выключатели автоматические типа ВА57-35, ВА57Ф35. Руководство по эксплуатации ГЖИК.641453.001 РЭ. АО «КЭАЗ»

13. Электроснабжение объектов. Ч.1. Расчет электрических нагрузок, нагрев проводников и электрооборудования: учебное пособие/А.В. Кабышев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 185с.