

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Проектирование системы электроснабжения завода железобетонных конструкций	

УДК 621.31.031:
666.982.013

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Кинев Сергей Владиславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры электроснабжения промышленных предприятий	Никитин Дмитрий Сергеевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Сергейчик Сергей Иванович	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Дашковский Анатолий Григорьевич	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.О. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков Михаил Александрович	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Сурков М.А.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А36	Кинев Сергей Владиславович

Тема работы:

Проектирование системы электроснабжения завода железобетонных конструкций	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2017
--	------------

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 арматурный цех завода железобетонных конструкций. В качестве исходных данных представлены: - генеральный план завода; - план арматурного цеха; - сведения об электрических нагрузках завода; - сведения об электрических нагрузках арматурного 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, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	- выбор схемы электроснабжения цеха; - определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом; - выбор числа и мощности трансформаторов ГПП; - выбор и проверка питающих линий ГПП; - выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности; - выбор и проверка внутризаводских линий; - расчет потерь в ТП и внутризаводских линиях; - расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ; - выбор и проверка высоковольтного оборудования; - выбор и проверка аппаратов защиты; - проработка схемы внутризаводской сети выше 1000 В; - выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В;

	-выбор и проверка низковольтных линий от ТП до отдельного ЭП; - проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	- картограмма электрических нагрузок предприятия; - план внутризаводского электроснабжения; - схема силовой сети арматурного цеха; - эпюра отклонения напряжения, карта селективности; - однолинейная схема электроснабжения арматурного цеха; -принципиальная однолинейная схема завода железобетонных конструкций.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сергейчик Сергей Иванович
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Не предусмотрено	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры электроснабжения промышленных предприятий	Никитин Дмитрий Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Кинев Сергей Владиславович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А36	Кинев Сергей Владиславович

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	Прикладной бакалавриат	Направление	Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):	Стоимость материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Затраты на специальное оборудование определяются согласно стоимости оборудования по прейскурантам или по договорной цене
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка осуществляется на основе анализа потенциальных потребителей результатов исследования, конкурентных технических решений, а также QUAD и SWOT анализов
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Основой для формирования бюджета являются основная заработная плата исполнителей, страховые отчисления и накладные расходы
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Альтернативы проведения НИ
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Сергейчик Сергей Иванович	доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Кинев Сергей Владиславович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А36	Кинев Сергей Владиславович

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	Прикладной бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)	Работа выполняется в закрытом помещении (аудитория). Оборудованием является ЭВМ и офисная техника. Основными факторами среды являются освещение, шумы и электромагнитные поля. Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, стихийного, экологического и социального характера
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 10.07.2012) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	- Освещение рабочего места (аудитории) - Воздействие шума от ЭВМ и офисной техники - Электромагнитное излучение от монитора компьютера - Несоответствие параметров микроклимата (в аудитории)
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности	Электробезопасность
3. Охрана окружающей среды:	Бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее вероятным ЧС в здании может быть пожар
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Право на условие труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. Использовать оборудования и мебель согласно антропометрическим данным. Социальное страхование работников

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А. Г.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Кинев Сергей Владиславович		

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
Уровень образования Бакалавриат
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий
Период выполнения весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)
--

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2017
--	------------

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий	Обухов Сергей Геннадьевич	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков Михаил Александрович	д.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Направление : Электроэнергетика и электротехника
Профиль: Электроснабжение промышленных предприятий
Кафедра, институт: кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий»,
Энергетический институт

Результат обучения	
Профессиональные компетенции	
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
Р 2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.

Р 3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Универсальные компетенции	
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

РЕФЕРАТ

Данная выпускная квалификационная работа 122 с., 17 рис., 68 табл., 12 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: электроснабжение цеха, однолинейная схема, картограмма нагрузок, расчетная нагрузка, компенсация реактивной мощности, выбор трансформаторов, выбор оборудования, ресурсосбережение, ресурсоэффективность, социальная ответственность.

Арматурный цех железобетонного завода является объектом исследования.

Цель работы: Обеспечить электропитанием железобетонный завод, арматурный цех, согласно приложенном заданием.

В процессе расчета были выполнены следующие задачи:

- определение расчетной нагрузки предприятия 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;
- построение картограммы электрических нагрузок с целью определения наиболее оптимального места расположения ГПП на территории предприятия;
- расчет схемы внутривозовского электроснабжения;
- выбор напряжения питающей сети завода, сечения кабельных линий, выбор мощности трансформаторов ГПП;
- расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000В для проверки правильности выбора сечений проводников.

В ходе расчета электрических нагрузок арматурного цеха методом коэффициента расчётной активной мощности были получены расчетный ток и полная расчетная мощность. Также были определены полные расчетные мощности остальных цехов предприятия методом K_c (коэффициента спроса) и полная расчетная мощность завода с учетом высоковольтной нагрузки и освещения территории. Схема внутривозовской сети – радиальная.

Оглавление

РЕФЕРАТ	8
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ	11
СПИСОК НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ.....	12
ВВЕДЕНИЕ.....	14
РАЗДЕЛ 1 СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	15
1.1 Краткое описание технологического процесса.....	17
РАЗДЕЛ 2 РАСЧЁТЫ И АНАЛИТИКА.....	20
2.1 Определение расчетной нагрузки арматурного цеха.....	20
2.2 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом	24
2.3 Картограмма и определение центра электрических нагрузок	24
2.4 Выбор рационального напряжения внешнего электроснабжения предприятия.....	24
2.5 Выбор оптимального числа трансформаторов на цеховых трансформаторных подстанциях с учетом компенсации	28
2.5.1 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	28
2.5.2 Компенсация реактивной мощности на шинах 0,4 кВ цеховых трансформаторных подстанций и уточнение их нагрузки	30
2.5.3 Определение мощности батарей конденсаторов в сетях напряжением выше 1000 В	30
2.6 Выбор мощности трансформаторов ГПП	32
2.7 Выбор сечения линии, питающей ГПП.....	32
2.8 Схема внутризаводской распределительной сети 10 кВ	33
2.8.1 Выбор сечений кабельных линий 10 кВ и их проверка по условиям допустимого нагрева	33
2.9 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1 кВ	34
2.10 Выбор высоковольтного оборудования	34
2.11 Выбор сечений проводников и защитной аппаратуры напряжением до 1 кВ.....	38
2.12 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В.....	44
2.13 Расчет электрической сети по потере напряжения	44
2.14 Построение карты селективности действия аппаратов защиты	46
3 Социальная ответственность.....	94
3.1 Производственная безопасность.....	95
3.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	95
3.1.2 Производственная санитария.....	96
3.1.3 Техника безопасности.....	104

3.2. Экологическая безопасность.....	106
3.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	110
РАЗДЕЛ 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСО–ЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	112
4.1 Анализ конкурентных технических решений	112
4.2 Технология QuaD.....	114
4.3 SWOT-анализ	117
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	121
4.5 Структура работы в рамках научного исследования	123
4.6 Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ.....	124
4.7 Разработка графика проведения научного исследования.....	125
4.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	129
4.8.1 Расчёт материальных затрат НТИ.....	129
4.8.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	130
4.8.3 Основная заработная плата исполнителей	131
4.8.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	133
4.8.5 Накладные расходы	134
4.8.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	135
4.9 Определение ресурсоэффективности проекта	135
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	139
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	142

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Эффективное число ЭП (n_e): Число однородных по режиму работы и мощности ЭП, которое создает ту же самую величину расчетной нагрузки, что и группа фактических ЭП, разных по режиму работы и мощности.

Заземление: Преднамеренное гальваническое соединение металлических частей электроустановки с заземляющим устройством.

В данной работе применены следующие сокращения:

«АД» – асинхронный двигатель;

«СД» – синхронный двигатель;

«СХН» – статические характеристики нагрузки;

«РУ» – распределительное устройство;

«РУНН» – распределительное устройство низкого напряжения;

«ГПП» – главная понизительная подстанция;

«ЭП» – электроприёмник;

«КЗ» – короткое замыкание;

«ИД» – исходные данные;

«рис.» – рисунок;

«чел.–дн.» – человеко-дни (единица измерения трудоёмкости работ);

«НТИ» – научно-техническое исследование;

«НДС» – налог на добавочную стоимость;

«руб.» – рублей;

«ГОСТ» – государственный стандарт;

«КЕО» – коэффициент естественного освещения;

«СНиП» – санитарные нормы и правила;

«ППБ» – правила пожарной безопасности;

«ОС» – окружающая среда.

ВВЕДЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была предложена система электроснабжения завода железобетонных конструкций в целом и арматурного цеха данного предприятия. Целью работы является обеспечить электропитанием железобетонный завод, арматурный цех, согласно приложенном заданием. Работа над курсовым проектом позволила приложить свои знания и систематизировать их .

Предполагаемый завод имеет нагрузки II и III категории по степени надежности электроснабжения. Завод состоит из арматурного цеха, а так же из других цехов, выполняющую роль, поставленную администрацией предприятия в соответствии с технологическими процессами.

При проектировании следует учесть следующие основные требования, предъявляемые к системам электроснабжения:

1. Надежность, т. е. система обязана обеспечивать бесперебойную работу электроснабжения в соответствии с категорией надежности электроприемников;
2. Система электроснабжения должна быть удобной, простой и безопасной в эксплуатации;
3. Экономичность, т. е. система должна соответствовать минимальным затратам на ее сооружение и эксплуатацию.

Для выполнения всех требований необходимо на стадии проектирования обеспечить построение оптимальной системы электроснабжения.

РАЗДЕЛ 1 СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является завод железобетонных конструкций в целом и его арматурный цех в частности.

На рисунке 1.1 приведен генеральный план цеха.

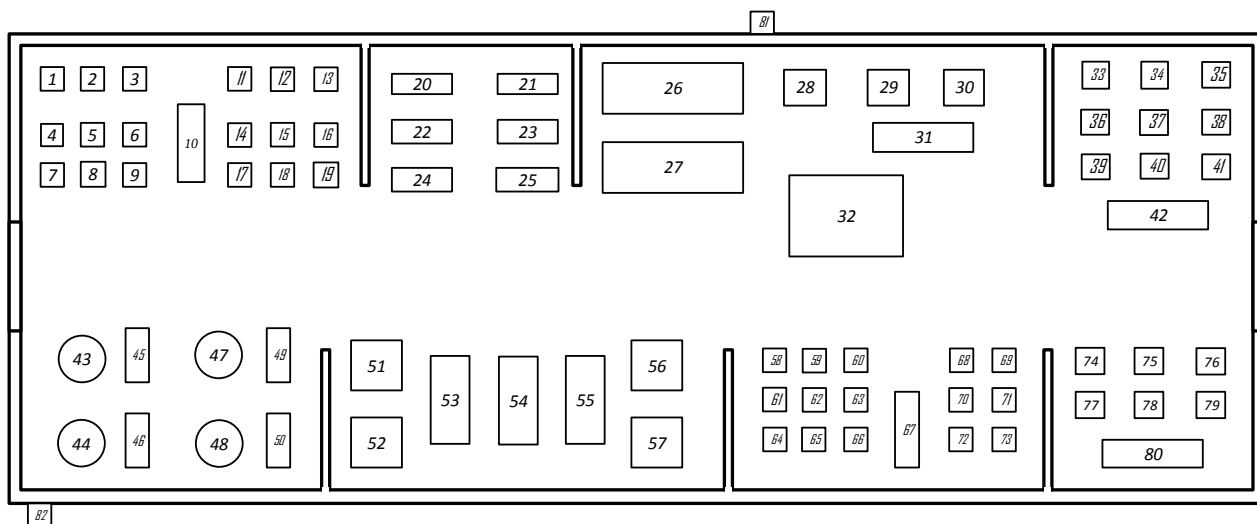


Рисунок 1.1 – Генплан цеха

На рисунке 1.2 показан план арматурного цеха, а в таблице 1.2 приведены сведения об электрических нагрузках арматурного цеха.

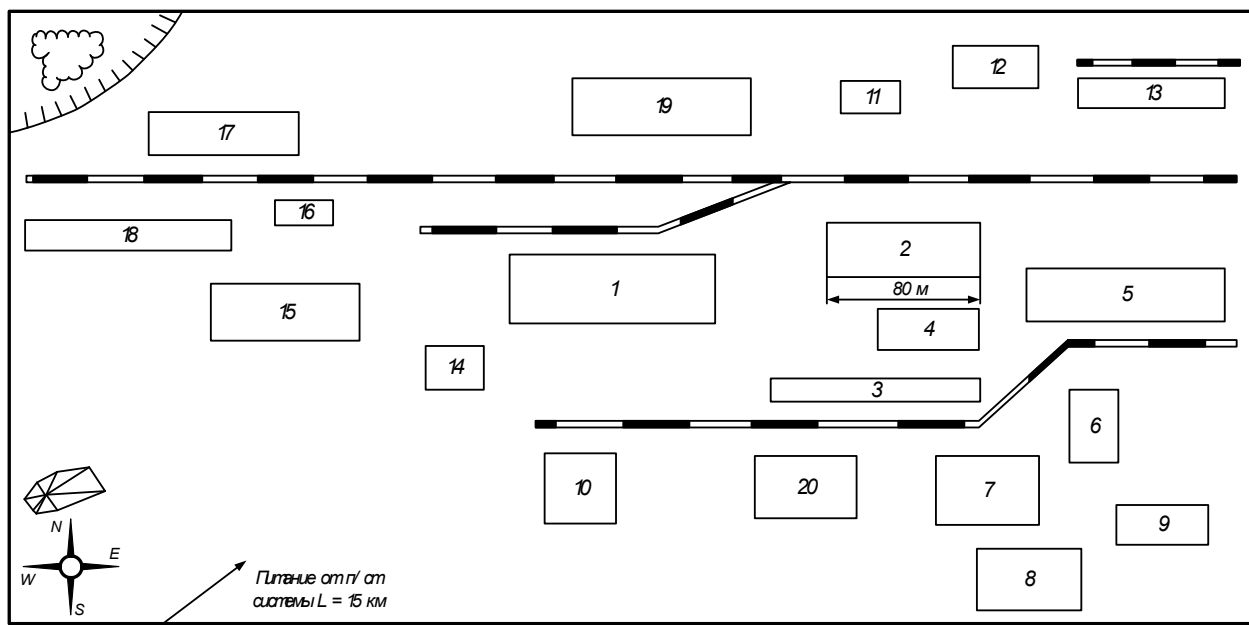


Рисунок 1.2 – Генплан завода железобетонных конструкций

В таблице 1.2 приведена ведомость электрических нагрузок по цехам.

Таблица 1. 1 – Ведомость электроприемников арматурного цеха

Номер на плане	Наименование электроприёмника	Число и установленная мощность ЭП, кВт
1-9, 11-19	Станок для гибки петель	9 × 4,2 кВт
10, 67	Универсально-фрезерный станок	2 × 6,5 кВт
20-25	Токарно-винторезный станок	6 × 4,6 кВт
26, 27	Станок для высадки головок	2 × 70 кВт
28-30	Намоточный станок	3 × 3 кВт
31	Станок гнутья сеток	1 × 1,2 кВт
32	Станок МТМК	1 × 350 кВт
33-41	Настольно-сверлильный станок	9 × 0,8 кВт
42, 80	Станок МТМС	2 × 200 кВт
43, 44, 47, 48	Преобразователь сварочный	4 × 15 кВт
45, 46, 49, 50	Трансформатор сварочный, ПВ=40%	4 × 50 кВт
51, 52, 56, 57	Станок обрезной с дисковой пилой	4 × 3,5 кВт
53-55	Пресс гидравлический	3 × 5 кВт
58-66, 68-73	Вертикально-сверлильный станок	15 × 2,2 кВт
74-79	Долбежный станок	6 × 3,8 кВт
81, 82	Вентилятор	2 × 20 кВт

Таблица 1. 2 – Ведомость электроприемников завода

№ на г/пл	Наименование цеха	Установленная мощность, кВт
1	Администрация завода	400
2	Арматурный цех	—
3	Площадка для открытых работ	450
4	Закрытое помещение для сварщиков	800
5	Полигон №1	300
6	Опалубочный цех	500
7	Кузница	1200
8	Асфальтобетонный цех	1500
9	Битумный склад	150
10	Котельная	900
11	Электроцех	500
12	Полигон №2	250
13	Полигон №3	350
14	Компрессорная: 10 кВ (1×СД) 0,38 кВ	400
		400
15	Дробильный цех №1	1100
16	Контора дробильного цеха	150
17	Дробильный цех №2	950
18	Известняковый цех	600
19	Цех перегоронок	700
20	Контора реализации	250

РАЗДЕЛ 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСО– ЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Таким образом, целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
3. Планирование научно-исследовательских работ;
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное

исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Данный анализ целесообразно проводить при помощи оценочной карты.

Оценочную карту проведем для возможных вариантов схем электроснабжения цеховых сетей систем 3-х фазного тока напряжением до 1000 В: 1) радиальной, 2) магистральной и 3) смешанной сети. Варианты схем приведены в приложении Б.

При выполнении анализа возможности использования того или иного программного комплекса очень важно, чтобы выбранный вариант соответствовал требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Говоря об этом, прежде всего, речь идёт о финансовых и человеческих ресурсах.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		№1	№2	№3	K_{k1}	K_{k2}	K_{k3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,25	5	3	4	1,25	0,75	1
2. Энергоэкономичность (минимум потерь)	0,1	2	5	4	0,2	0,5	0,4
3. Лёгкость монтажа	0,05	1	5	3	0,05	0,25	0,15
4. Безопасность	0,15	3	4	4	0,45	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,25	2	5	2	0,5	1,25	0,5
2. Затраты на монтаж схемы (минимальные)	0,1	1	5	1	0,1	0,5	0,1
3. Простота монтажа	0,05	3	5	2	0,15	0,25	0,1
4. Долговечность оборудования	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
Итого	1	20	37	24	2,85	4,35	3,05

Позиция 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 составляют 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i ,$$

где:

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Пример оценки конкурентоспособности на примере 1 варианта:

$$K_{k1\Sigma} = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 2 + 0,05 \cdot 1 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 2 + 0,1 \cdot 1 + 0,05 \cdot 3 + 0,05 \cdot 3 = 2,85.$$

По данным оценочной карты наиболее привлекательным вариантом является вариант № 3 – магистральная схема.

Конкурентное преимущество схемы состоит в оптимальном сочетании цены, качества и надежности схемы.

В процессе эксплуатации трасса шинопровода экономит до 30% электроэнергии по сравнению с трассой из кабелей. Работы по монтажу шинопровода стоят значительно дешевле. Без полного отключения системы можно изменить конфигурацию с минимальными затратами времени, труда и материалов. Монтаж шинопроводов проходит в 2–3 раза быстрее. При одинаковом номинальном токе шинопроводы с алюминиевыми шинами имеют значительно меньший вес, чем медные кабели на лотках, поэтому можно использовать более легкие и недорогие опорные конструкции.

Также, в отличие от кабелей, шинопроводы имеют металлический корпус, который защищает от угроз со стороны грызунов (крыс, мышей).

4.2 Технология QuaD

Технология 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; 2) показатели оценки качества разработки.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 4.2 – Оценка радиальной схемы по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	50	100	0,5	0,075
2. Надёжность	0,2	100	100	1	0,2
3. Унифицированность	0,05	100	100	1	0,05
4. Простота монтажа	0,05	40	100	0,4	0,02
5. Безопасность	0,2	80	100	0,8	0,16
6. Расход материалов	0,05	30	100	0,3	0,015
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	85	100	0,85	0,085
8. Перспективность	0,07	80	100	0,8	0,056
9. Цена	0,1	40	100	0,4	0,04
Итого	1	605	-	6,05	0,701

Таблица 4.3 – Оценка магистральной схемы по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	90	100	0,9	0,135
2. Надёжность	0,2	60	100	0,6	0,12
3. Унифицированность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Простота монтажа	0,05	100	100	1	0,05
5. Безопасность	0,2	90	100	0,9	0,18
6. Расход материалов	0,05	90	100	0,9	0,045
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	95	100	0,95	0,095
8. Перспективность	0,07	90	100	0,9	0,063
9. Цена	0,1	80	100	0,8	0,08
Итого	1	765	-	7,65	0,803

Таблица 4.4 – Оценка смешанной схемы по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	80	100	0,8	0,12
2. Надёжность	0,2	70	100	0,7	0,14
3. Унифицированность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Простота монтажа	0,05	50	100	0,5	0,025
5. Безопасность	0,2	90	100	0,9	0,18
6. Расход материалов	0,05	50	100	0,5	0,025
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	70	100	0,7	0,07
8. Перспективность	0,07	70	100	0,7	0,049
9. Цена	0,1	50	100	0,5	0,05
Итого	1	600	-	6	0,694

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 P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 59 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

В нашем случае имеем, что $P_{cp} = 0,803 \cdot 100\% = 80,3\%$. Что демонстрирует перспективность работы в данном направлении.

4.3 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. Результаты первого этапа SWOT – анализа представляем в виде табличной формы.

Таблица 4.5 – Этап 1 – составление предварительной матрицы SWOT для радиальной схемы

	Сильные стороны проекта: С1: Применение в помещениях с любой средой С2: Высокая надежность С3: Легко использовать элементы автоматики	Слабые стороны проекта: Сл1: Дороговизна Сл2: Сложность перестановок оборудования
Возможности проекта В1: Использование негорючей или бронированной изоляции В2: Снижение цен на используемое оборудование В3: Использование новейшего оборудования		
Угрозы проекта У1: Прокладка кабелей в каналах значительно увеличит стоимость схемы У2: Повышение спроса на шинопроводы		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица сильных, слабых сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	В1	+	+	+
	В2	+	+	0
	В3	+	+	+
Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	
	В1	+	0	
	В2	-	0	
	В3	+	0	

Таблица 4.7 – Интерактивная матрица сильных, слабых сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		C1	C2	C3
	У1	-	-	-
	У2	+	+	+
Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	
	У1	+	-	
	У2	+	+	

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д.

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

Таблица 4.8 – Матрица SWOT для радиальной сети

	Сильные стороны проекта: C1: Применение в помещениях с любой средой C2: Высокая надежность C3: Легко использовать элементы автоматики	Слабые стороны проекта: Сл1: Дороговизна Сл2: Сложность перестановок оборудования
Возможности проекта В1: Использование негорючей или бронированной изоляции В2: Снижение цен на используемое оборудование В3: Использование новейшего оборудования	В1В2В3С1С2 В3С3 В1С3	В1Сл1 В3Сл1
Угрозы проекта У1: Прокладка кабелей в каналах значительно увеличит стоимость схемы У2: Повышение спроса на шинопроводы	У2С1С2С3	У1У2Сл1 У2Сл2

Аналогично выполняем построение SWOT матрицы для двух других вариантов.

Таблица 4.9 – Матрица SWOT для магистральной схемы

	Сильные стороны проекта: С1: Высокая унифицированность С2: Простота монтажа С3: Меньшая стоимость С4: Высокая монтажная готовность	Слабые стороны проекта: Сл1: Высокие токи КЗ Сл2: Низкая надёжность электроснабжения потребителей
Возможности проекта В1: Отказ от РУ НН В2: Использование сквозных двойных магистралей В3: Использование изолированного короба для прокладки шинпровода	B1C2C3 B1B2B3C1 B1B2B3C2	B2Сл1 B3Сл2
Угрозы проекта У1: Увеличение стоимости схемы У2: Усложнение монтажа схемы	У1С3 У2С2	

Таблица 4.10 – Матрица SWOT для смешанной схемы

	Сильные стороны проекта: С1: Высокая надёжность С2: Максимально компактно использование пространства	Слабые стороны проекта: Сл1: Высокие токи КЗ Сл2: Сложность монтажа
Возможности проекта В1: Использование новейшего оборудования В2: Использование изолированного короба для прокладки шинпровода и негорючей или бронированной изоляции кабелей	B1B2C1	B2Сл2
Угрозы проекта У1: Увеличение стоимости схемы У2: Усложнение монтажа схемы	У2С2	У2Сл2

При рассмотрении SWOT-анализа выявляются сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Проводя соответствие

между ними можно выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В результате выяснилось, что для устранения слабых сторон и угроз необходимо пользоваться предоставляемыми возможностями. Для предотвращения угроз необходимо в дальнейшем не повышать стоимость оборудования и необходимо использовать вариант с меньшими затратами на монтаж.

4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Воспользуемся морфологическим подходом, который 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.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования.

В данном случае проблемой исследования является нахождение наиболее приемлемой конфигурации цеховой сети, которая бы соответствовала всем оптимальным показателям, таким как дешевизна, надежность, возможность быстрого монтажа и реконструкции.

2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица.

Таблица 4.11 – Морфологическая матрица для радиальной схемы

	1	2	3	4
А: Марка кабеля	АВВГ	СИП	ПВС	ШВВП
Б: Материал жилы кабеля	Алюминий	Медь	Сталь	Серебро
В: Аппараты защиты	Автоматически е выключатели	Плавкие предохранители	Тепловые реле	Электромагнит ные реле
Г: Способ прокладки	В канале	В лотке	На скобах	На эстакадах
Д: Распределитель ные пункты	Распределитель ный пункт	Шкаф распределитель ный	Пункт распределитель ный	Непосредствен но от РУ НН

4. Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений.

На этом этапе описываются возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения. Из данной матрицы видно, что вариантов множество, остановим свое внимание на А1Б1В1Г1Д2.

Далее аналогично для двух других вариантов.

Таблица 4.12 – Морфологическая матрица для магистральной схемы

	1	2	3	4
А: Марка шинопровода	ШМА5	ШРА-74	ШРА-73	ШРМ-75
Б: Материал шины	Алюминий	Медь	Сталь	Серебро
В: Аппараты защиты	Автоматические выключатели	Плавкие предохраните ли	Тепловые реле	Электромагнитные реле
Г: Материал корпуса	Алюминий	Медь	Сталь	Пластик
Д: Способ крепления	На кронштейне к стене	На стойках к полу	На тросах	Скобами

Остановим свое внимание на А3Б1В1Г1Д3.

Таблица 4.13 – Морфологическая матрица для магистральной схемы

	1	2	3	4
А: Марка шинопровода/кабеля	ШМА5/АВВГ	ШРА-74/СИП	ШРА-73/АВВГ	ШРМ-75/ПВС
Б: Материал шины и кабеля	Алюминий	Медь	Сталь	Серебро
В: Аппараты защиты	Автоматические выключатели	Плавкие предохранители	Тепловые реле	Электромагнитные реле
Г: Материал корпуса шин	Алюминий	Медь	Сталь	Пластик
Д: Способ крепления/прокладки	На кронштейне к стене/ В канале	На стойках к полу/ В лотке	На тросах/ На скобах	Скобами/ На эстакадах

Остановим свое внимание на АЗБ1В1Г1Д3.

4.5 Структура работы в рамках научного исследования

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Перечень этапов работ при проектировании

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Систематизация имеющихся информации и материалов	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Инженер

Продолжение таблицы 4.14

Теоретические исследования	5	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Инженер
	6	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	Инженер
	7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Инженер
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	10	Составление пояснительной записки	Инженер
Защита проекта	11	Представление проекта ГАК	Инженер Руководитель

По таблице 4.14 можно увидеть все этапы проектирования. Итогом данной работы является отчет по научно исследовательской работе.

4.6 Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ

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

Трудоемкость 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 трудоемкости $t_{ож_i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож_i} = \frac{3 \cdot t_{\min_i} + 2 \cdot t_{\max_i}}{5};$$

$t_{ож_i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min}$ – минимально возможная трудоемкость 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.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Но, так как данная работа выполняется индивидуально, продолжительность каждой работы будет равна: $T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{1}$.

4.7 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}};$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

Определим коэффициент календарности на 2016 год:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,482.$$

Тогда длительность первой работы в календарных днях:

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k_{\text{кал}} = 3,8 \cdot 1,482 = 6,7 \text{ дн.}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 4.15.

Таблица 4.15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	tmin, чел-дни	tmax, чел-дни	тож, чел-дни		
Составление и утверждение технического задания	3	5	3	4,52	7
Подбор и изучение материалов по теме	2	3	2	2,76	4
Систематизация имеющихся информации и материалов	10	12	5	5,76	9
Календарное планирование работ	11	13	6	6,76	10

Продолжение таблицы 4.15

Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	9	11	4	4,76	7
Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	6	7	4	4,76	7
Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	5	6	5	5,76	9
Оценка эффективности полученных результатов	5	6	5	5,76	9
Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	12	14	6	6,76	10
Составление пояснительной записки	2	3	2	2,76	4
Представление проекта ГЭК	1	2	1	1,76	3
Итого				52,12	77

На основании таблицы 4.15 строится календарный план–график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научного исследования с разбивкой на месяцы, декады.

Таблица 4.16 – Календарный план-график

№	Вид работ	Ткї, кал. дней	Продолжительность выполнения работ								
			февраль		март			апрель			май
			2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление технического задания	2	■	■							
2	Подбор и изучение материалов по теме	15		■							
3	Систематизация имеющихся информации и материалов	6			■						
4	Календарное планирование работ	2				■					
5	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	2				■					
6	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	3					■				
7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	15					■				
8	Оценка эффективности полученных результатов	7						■			
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	3							■		
10	Составление пояснительной записки	2								■	
11	Проверка работы	3								■	
12	Сдача выпускной квалификационной работы	5									■

4.8 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:

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

4.8.1 Расчёт материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, которые понадобились при разработке проекта, т.к. итогом данного проекта является отчет по научной исследовательской работе, нам понадобились следующие канцелярские принадлежности:

- бумага;
- картридж;
- ручка;
- папка;
- тетрадь.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного

исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Так как все материалы приобретались у конечных распространителей (магазин канцелярский принадлежностей), транспортные расходы были уже учтены в их конечной стоимости.

Таким образом для выполнения данной НТИ были приобретены:

Таблица 4.17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, $З_M$, руб.
Ручка	шт.	1	20	20
Тетрадь	шт.	1	20	20
Бумага	лист.	150	0,5	75
Картридж	шт.	1	500	500
Папка	шт.	1	10	17
Итого:				632

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов. Если учесть, что ручка была списана на 20%, а тетрадь была использована только на 50%, то часть их стоимость должна быть вычтена из материальных затрат. Тогда конечные затраты:

$$З_{\text{Мконечн}} = З_M - C_{B.O.} = 632 - 16 - 10 = 606 \text{ руб.}$$

4.8.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной

аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в табл. 4.18.

Таблица 4.18 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб
1	Пакет Microsoft Office	1	1,645	1,645
2	MathCAD	1	4,50	4,50
3	Visio	1	1,380	1,380
Итого:				7,525

Величина материальных затрат на специальное оборудование составит:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i = (1 + 0,15) \cdot 7,525 = 8,65375 \text{ тыс.руб.}$$

4.8.3 Основная заработная плата исполнителей

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.

Заработная плата инженера-проектировщика определяется как:

$Z_{\Pi} = Z_{осн} + Z_{доп}$; где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, составляет $0,15 \cdot Z_{осн}$; $Z_{осн}$ – основная заработная плата.

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$; где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата; T_p – суммарная продолжительность работ, выполняемая научно-техническим работником в соответствии с таблицей 12.

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D}$; где Z_M – месячный оклад научно-технического работника;

M – количество месяцев работы без отпуска ($M = 11,2$ для пятидневной рабочей недели и отпуске в 24 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:

$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p$; где $Z_{ТС}$ – заработная плата по тарифной ставке; k_{np} – премиальный коэффициент, равный 30%; k_D – коэффициент доплат и надбавок, составляет примерно 20%; k_p – районный коэффициент, для Томска равен 1,3.

Размер заработной платы по тарифной ставке определяется по формуле:

$Z_{ТС} = T_{ci} \cdot k_T$; где 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 $k_T = 1,407$).

С помощью представленных выше формул находим основную заработную плату:

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

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 6092 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 11879 \text{руб};$$

$$Z_{он} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{11879 \cdot 11,2}{365 - 118 - 24} = 596,6 \text{руб};$$

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p = 596,6 \cdot 27,2 = 16227,52 \text{руб};$$

$$Z_{II} = Z_{осн} + Z_{доп} = Z_{осн} + 0,15 \cdot Z_{осн} = 16227,52 + 0,15 \cdot 16227,52 = 18661,65 \text{руб}.$$

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.

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, ктн, работающий в ТПУ имеет оклад равный 22052 рубля. С учётом этого, рассчитаем размер основной заработной платы руководителя НТИ.

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

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

4.8.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп});$$

$k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 4.19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Инженер-проектировщик	18661,65	2434,128
Руководитель	51100	6665,25
Коэффициент отчислений	0,271	
Итого	$З_{внеб} = 0,271 \cdot (18661,65 + 2434,128 + 51100 + 6665,25) =$ $= 21371,34 \text{ руб.}$	

4.8.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 - 4) \cdot k_{нр};$$

Сумма статей - сумма затрат из пунктов 3.4.1 – 3.4.4.

$k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Тогда накладные расходы НТИ можно рассчитать, как:

$$З_{\text{накл}} = (606 + 8653,75 + 18661,65 + 51100 + 21371,34) \cdot 0,16 = 16062,84 \text{ руб.}$$

4.8.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по выбранному варианту приведено в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НТИ	606	Пункт 3.8.1
Затраты на специальное оборудование	8653,75	Пункт 3.8.2
Затраты на заработную плату инженера-проектировщика	18661,65	Пункт 3.8.3
Затраты на заработную плату руководителя	51100	Пункт 3.8.3
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	21371,34	Пункт 3.8.4
Накладные расходы	16062,84	Пункт 3.8.5
Бюджет затрат НТИ	116455,58	Сумма пунктов 3.8.1-3.8.5

Как видно из таблицы 4.20 основные затраты на разработку научно-технической продукции составляют затраты на заработную плату и на специальное оборудование для научных работ.

4.9 Определение ресурсоэффективности проекта

Финансовую эффективность проекта можно оценить при помощи интегрального финансового показателя:

$$I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где: $I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Таблица 4.21 – Расчёт стоимости элементов

Радиальная	Кол-во	Цена	Магистральная	Кол-во	Цена	Смешанная	Кол-во	Цена
ШР	12	508800	ШРА	2	326666,7	ШРА	6	980000,1
КЛ	82	27951,2	ШМА	1	143333,3	ШР	6	254400
Доп. расходы		20000	КЛ	82	27951,2	ШМА	2	286666,6
			Доп. расходы		10000	КЛ	82	27951,2
						Доп. расходы		10000
ИТОГО		556751,2	ИТОГО		507951,2	ИТОГО		1559018

Расчёт интегрального финансового показателя проводим в виде табличной формы.

Таблица 4.22 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Конфигурация	Φ_{max} , руб.	Φ_{pi} , руб.	$I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i}$, о.е.
Радиальная	1559018	556751,2	0,357
Магистральная		507951,2	0,326
Смешанная		1559018	1

Величина интегрального финансового показателя проведения НТИ при использовании радиальной, магистральной и смешанной конфигураций сети отражает соответствующее численное удешевление стоимости проводимых исследований. Научно–технические исследования, проводимые при использовании магистральной, наравне с программным комплексом радиальной, имеют наименьший интегральный финансовый показатель.

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

По результатам анализа оценочной карты, QUAD и SWOT анализов и интегрального финансового показателя можно сделать вывод о том, что наиболее перспективным вариантом является проведение научно–технических исследований при помощи магистральной схемы.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности этого варианта проведения исследований целесообразно провести в табличной форме.

Таблица 4.23 – Определение интегрального показателя ресурсоэффективности наиболее перспективного варианта исследований

Критерии	Весовой коэффициент	Радиальная	Магистральная	Смешанная
1. Надёжность	0,25	5	2	4
2. Гибкость	0,25	2	5	3
3. Безопасность	0,15	4	5	4
4. Простота монтажа	0,10	2	5	2
5. Расход материала	0,10	2	5	3
6. Материальные затраты	0,15	2	5	1
Итого:	1,00	17	27	17
Показатель ресурсоэффективности	–	3,05	4,25	3,00

Пример расчёта показателя ресурсоэффективности для радиальной схемы:

$$I_p = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 + 0,1 \cdot 2 + 0,15 \cdot 2 = 3,05.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального финансового показателя и интегрального показателя ресурсоэффективности по формуле:

$$I_{\text{исп}(i)} = \frac{I_{\text{рес}}^{\text{исп.}i}}{I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i}};$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}(i)}}{I_{\text{исп}^*}};$$

Таблица 4.24 – Сравнительная эффективность вариантов разработки

№	Показатели	Радиальная	Магистральная	Смешанная
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,357	0,326	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,05	4,25	3
3	Интегральный показатель эффективности	8,54	13,04	3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,66	1	0,23

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Наиболее финансово и ресурсоэффективным вариантом по итогам сравнения является магистральная сеть.