

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

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы электроснабжения машиностроительного завода

УДК 621.31.031:621.81.013

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Сусакова Татьяна Витальевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Оразбекова А.К.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сергейчик С.И.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных пред- приятий	Сурков М.А.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

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

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования бакалавр

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

Период выполнения весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
13.02.2016	Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.	12
17.02.2016	Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок.	12
06.03.2016	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.	20
20.03.2016	Выбор и проверка внутризаводских линий. Расчет потерь в КТП и внутризаводских линиях. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.	7
03.04.2016	Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ.	7
24.04.2016	Выбор и проверка высоковольтного оборудования	7
26.04.2016	Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты и построение карты селективности действия защитных аппаратов. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП.	20
30.04.2016	Оформление результатов работы и выводов по работе	5
5.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
10.05.2016	Социальная ответственность	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Оразбекова А.К.			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.т.н., доцент		

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

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой ЭПП

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

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А36	Сусаковой Татьяне Витальевне

Тема работы:

Проектирование системы электроснабжения машиностроительного завода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №970/с от 15.02.2017

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.).	Объект исследования: цех твердой изоляции машиностроительного завода. В качестве исходных данных представлены: - генеральный план завода; - план цеха твердой изоляции; - сведения об электрических нагрузках машиностроительного завода; - сведения об электрических нагрузках цеха твердой изоляции.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выявления 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).	- постановка задачи проектирования; - проектирование системы электроснабжения рассматриваемого предприятия; - расчет электрических нагрузок завода и заданного цеха, выбор оборудования, проверка соответствия в разных режимах работы. - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	- однолинейная схема цеха твердой изоляции;

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Сергейчик С.И.
«Социальная ответственность»	Дашковский А.Г.
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
Старший преподаватель	Оразбекова А.К.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A36	Сусакова Т. В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А36	Сусаковой Татьяне Витальевне

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 – 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	РД 34.10.178-88 Нормы резерва материально-технических ресурсов и оборудования для закрытых трансформаторных подстанций 6-20/0,38 кВ и распределительных пунктов 6-20 кВ РД 34.10.386 Методика нормирования расхода материалов на ремонт и техническое обслуживание электрических сетей
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 анализа
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. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. 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 С.И.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Сусакова Т.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ» МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА ТВЕРДОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Студенту:

Группа	ФИО
5А36	Сусаковой Татьяне Витальевне

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования).	Аудитория учебного корпуса, оснащенная необходимым оборудованием для проектирования.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.	1. Микроклимат; 2. Шумы от ПК; 3. Вибрации от ПК; 4. Освещение аудитории; 5. Электромагнитное поле от ПК.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.	Опасность электропоражения.
3. Пожароопасность	1. Источники возгорания 2. Категория помещения по пожарной опасности 3. Средства тушения пожара
4. Охрана окружающей среды	Люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681. Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности, полимерных материалов (картриджи отработанные). Утилизация оргтехники.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Социальная защита и компенсация за выполнение работы
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	План эвакуации

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Дашковский А.Г.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А36	Сусакова Т.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает: 117 с., 19 рис., 56 табл., 25 источников, 3 прил.

Ключевые слова: проектирование, картограмма, трансформатор, компенсация, электроснабжение, машиностроительный завод, проводник, кабель, однолинейная схема, эффективность, освещение.

Объектом исследования является цех твердой изоляции машиностроительного завода.

Цель работы – проектирование системы электроснабжения предприятия машиностроения.

В процессе исследования проводились: последовательный расчет электрических нагрузок завода и обозначенного заданием цеха, основанный на исходных данных, выбор оборудования и его проверка в условиях различных режимов работы.

В результате исследования представлен обоснованный расчет модели электроснабжения промышленного предприятия.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: машиностроительный завод состоит из шестнадцати цехов; напряжение питающей линии составляет 110 кВ; рабочие напряжения внутри завода: 10, 0,4 кВ; схема внутривародской сети – радиальная.

Степень внедрения: расчеты и выбор оборудования производились обоснованно в соответствии с исходными данными, результаты могут быть использованы при проектировании.

Область применения: предприятия с жаркой средой в производственных помещениях, машиностроительные заводы.

Экономическая эффективность работы подтверждается высоким показателем ресурсоэффективности выполнения проекта, равным 4,5.

В будущем достигнутые результаты работы могут быть применены на практике.

Оглавление

Введение	9
1. Исходные данные	11
18. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
18.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	15
18.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	15
18.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	16
18.2. SWOT анализ	17
18.3. Планирование научно-исследовательской работы	21
18.3.1. Структура работы в рамках научного исследования	21
18.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	22
18.3.3. Расчет материальных затрат	23
18.3.4. Полная заработная плата исполнителей темы.....	25
18.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	26
18.3.6. Накладные расходы	29
18.3.7. Формирование сметы технического проекта.....	29
18.4. Определение ресурсоэффективности проекта	29

Введение

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается электроснабжение предприятия машиностроения, а также более подробно цеха твердой изоляции данного завода. В ходе работы прорабатывается теоретический материал по данному вопросу, обобщаются и закрепляются знания, необходимые для осуществления расчетов и их обоснований.

Одними из основных потребителей электрической энергии являются промышленные предприятия. Ввод в действие новых предприятий, а также расширение существующих определяет проблему их рационального электроснабжения, отвечающего современным техническим требованиям. Именно это обусловило актуальность предпринятого исследования.

Цель работы: обоснование и расчет системы электроснабжения предприятия машиностроения.

В рамках исследования используется последовательный алгоритм выполнения работы, который включает нижеописанные этапы:

Сначала производится расчет нагрузки цеха твердой изоляции методом коэффициента максимума расчетной мощности, определяется расчетная нагрузка предприятия в целом с соблюдением учета осветительной нагрузки, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций, ГПП и линиях электропередачи.

Далее составляется картограмма электрических нагрузок, основанная на полученных данных для обозначения местоположения ГПП на территории предприятия.

Затем проводится расчет схемы внутривозовского электроснабжения. Для этого выбирается число и мощности цеховых трансформаторных подстанций и питающие и соединительные проводники.

Следующим этапом является расчет схемы внешнего электроснабжения, а именно выбор напряжения питающей сети, сечения проводов, выбор мощности трансформаторов ГПП.

Для проверки правильности выбора сечений проводников и построения карты селективности действия аппаратов защиты рассчитываются токи КЗ в сети выше 1 кВ и токи КЗ в сети ниже 1 кВ соответственно.

В ходе работы также производится расчет электроснабжения цеха твердой изоляции, который включает распределение электроприемников по пунктам питания (ПР), по которым также определяются расчетные нагрузки; выбор сечений питающей сети; выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты; построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного электроприемника.

1. Исходные данные

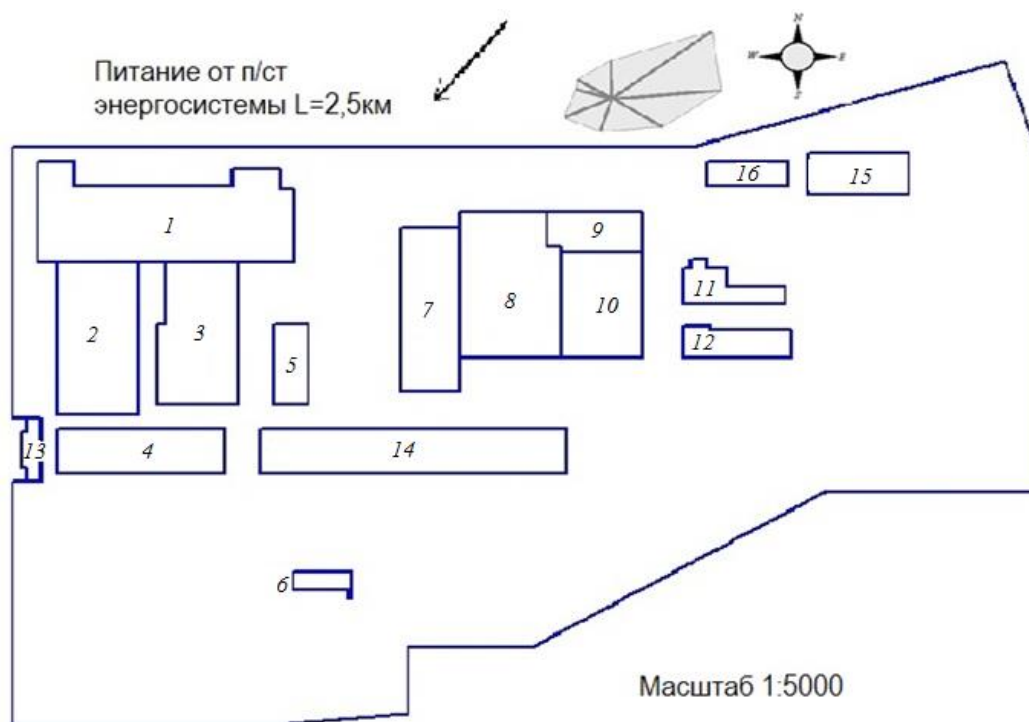


Рисунок 1.1 - Генплан машиностроительного завода

Таблица 1.1 - Сведения об электрических нагрузках завода

№	Наименование объекта	$P_{уст}, \text{кВт}$	K_c	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$
1	Гидрокорпус	2600	0,5	0,75	0,88
2	Трансформаторный корпус	2800	0,5	0,75	0,88
3	Корпус крупных машин	2450	0,5	0,75	0,88
4	Корпус по изготовлению преобразовательной техники	900	0,5	0,75	0,88
5	Изоляционный корпус	750	0,6	0,9	0,48
6	Котельная	1440	0,6	0,8	0,75
7	Корпус высоковольтного оборудования	880	0,35	0,8	0,75
8	Котельно-сварочный корпус	3500	0,4	0,6	1,33
9	Цех металлопокрытий	2100	0,4	0,8	0,75
10	Механический корпус	1400	0,5	0,75	0,88
11	Деревообрабатывающий корпус	700	0,35	0,7	1,02
12	Цех твердой изоляции	---	0,5	0,75	0,88
13	Инженерный корпус	1400	0,5	0,8	0,75
14	Цех точного литья	520	0,4	0,7	1,02
15	Корпус А	520	0,35	0,7	1,02
16	Корпус по изготовлению трансформаторного оборудования	1400	0,5	0,75	0,88

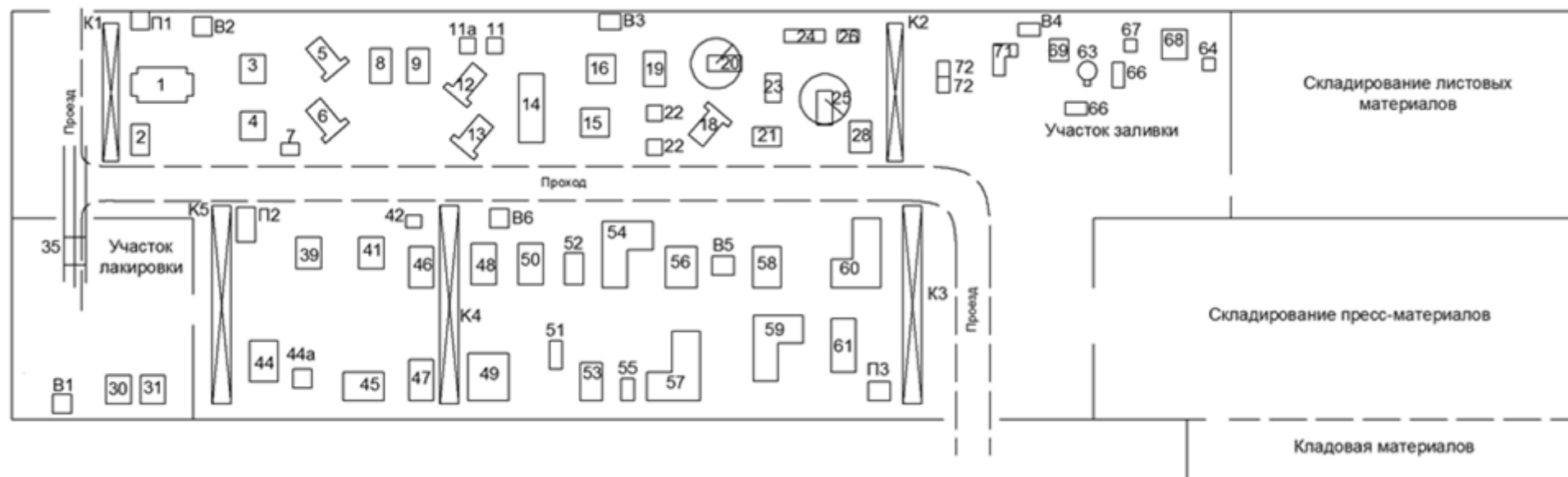


Рисунок 1.2 - План цеха твердой изоляции

Таблица 1.2 - Сведения об электрических нагрузках цеха твердой изоляции

№ п/п	Наименование	$P_{уст}, \text{ кВт}$	$K_{и}$	$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$
1	Станок специальный для резки	5,5	0,14	0,5	1,73
2	Дисковая пила	5,5	0,14	0,5	1,73
3	Дисковая пила с вод. охлаждением	4	0,14	0,5	1,73
4	Дисковая пила	5,5	0,14	0,5	1,73
5	Горизонтально-фрезерный станок	9,1	0,14	0,5	1,73
6	Вертикально-фрезерный станок	8,8	0,14	0,5	1,73
7	Вертикально-сверлильный станок	3,5	0,14	0,5	1,73
8	Вертикально-сверлильный станок	4,6	0,14	0,5	1,73
9	Вертикально-сверлильный станок	4,6	0,14	0,5	1,73
11а	Заточный станок	0,5	0,14	0,5	1,73
11	Станок с абразивным кругом	0,5	0,14	0,5	1,73
12	Вертикально-фрезерный станок	13	0,14	0,5	1,73
13	Горизонтально-фрезерный станок	9,6	0,14	0,5	1,73
14	Дисковая пила	23,5	0,14	0,5	1,73
15	Токарно-винторезный станок	4,2	0,14	0,5	1,73
16	Токарно-винторезный станок	13	0,14	0,5	1,73
22	Вертикально-сверлильный станок	2,5	0,14	0,5	1,73
22а	Вертикально-сверлильный станок	2,5	0,14	0,5	1,73
19	Токарно-винторезный станок	13	0,14	0,5	1,73
20	Радиально-сверлильный станок	7,5	0,14	0,5	1,73
21	Реверсивный станок н/столе	1,1	0,14	0,5	1,73
23	Лобзиковая пила	1,5	0,14	0,5	1,73
24	Галтовочный барабан	1,5	0,14	0,5	1,73
25	Радиально-сверлильный станок	2,5	0,14	0,5	1,73
26	Настольно-сверлильный станок	0,4	0,14	0,5	1,73
28	Элеваторный стеллаж	2,2	0,14	0,5	1,73
18	Горизонтально-фрезерный станок	9,6	0,14	0,5	1,73
35	Управление электрической тележкой	1	0,14	0,5	1,73
39	Станок с нагр. плитой	2	0,14	0,5	1,73
41	Пресс кривошипный	4,5	0,14	0,5	1,73
42	Точильно-шлифовальный	0,5	0,14	0,5	1,73
44	Ножницы гильот.	5,6	0,13	0,4	2,29

Продолжение таблицы 1.2

K1	Кран-балка	9	0,14	0,5	1,73
K2	Кран-балка	9	0,14	0,5	1,73
K3	Кран-балка	9	0,14	0,5	1,73
K4	Кран-балка	14	0,14	0,5	1,73
K5	Кран-балка	14	0,14	0,5	1,73
54	Пресс гидравлический	26	0,14	0,5	1,73
56	Пресс гидравлический	8	0,14	0,5	1,73
58	Пресс гидравлический	15,5	0,14	0,5	1,73
60	Пресс гидравлический	15	0,14	0,5	1,73
61	Пресс гидравлический	35	0,14	0,5	1,73
59	Пресс гидравлический	15	0,14	0,5	1,73
57	Пресс гидравлический	15	0,14	0,5	1,73
55	Пресс гидравлический	31,5	0,14	0,5	1,73
46	Пресс гидравлический	8	0,14	0,5	1,73
48	Пресс гидравлический	8	0,14	0,5	1,73
50	Пресс гидравлический	8	0,14	0,5	1,73
52	Пресс гидравлический	31,5	0,14	0,5	1,73
53	Пресс гидравлический	25,5	0,14	0,5	1,73
51	Пресс гидравлический	15,5	0,14	0,5	1,73
49	Пресс гидравлический	27	0,14	0,5	1,73
47	Пресс гидравлический	8	0,14	0,5	1,73
30	Электропечь	50	0,8	0,95	0,33
31	Электропечь	50	0,8	0,95	0,33
45	Электропечь	43	0,8	0,95	0,33
45a	Индуктор	50	0,7	0,8	0,75
63	Установка для приготовления компаунда	1,6	0,75	0,8	0,75
67	Вакуумный насос	3	0,95	0,85	0,62
64	Компрессор	24	0,8	0,85	0,62
68	Электропечь	24	0,75	0,95	0,33
66	Центробежный станок	9	0,75	0,95	0,33
69	Литьевая машина	17	0,6	0,6	1,33
71	Установка для плавления капрона	35	0,75	0,85	0,62
72	Термостат	12	0,6	0,6	1,33
B1-B6	Вытяжной вентилятор	6,2	0,8	0,85	0,62
П1-П3	Приточный вентилятор	15	0,8	0,85	0,62

18. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного раздела – рассмотрение технического проекта с точки зрения его целесообразности и эффективности. Для достижения цели решаются следующие задачи:

- Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- Планирование бюджета НИ;
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности НИ.

18.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

18.1.1. 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. Сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. В зависимости от категории потребителей необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования.

В данном случае при рассмотрении вопросов системы электроснабжения промышленного предприятия решается вопрос о применении того или иного типа высоковольтного выключателя. В соответствии с поставленной задачей сегментирование представлено в виде таблицы 18.1.1.

Таблица 18.1.1.1 - Карта сегментирования услуг электроэнергетики в сфере электроснабжения

Размер предприятия	Место для установления оборудования	
	Вне помещения	В помещении
Мелкие	ВВ(а), ВВ, ВЭ	ВМ, ВМП,
Средние	ВМП, ВВ, ВЭ	ВВ(а), ВВ
Крупные	ВМ, ВМП, ВЭ	ВВ

где ВМ – выключатель масляный; ВМП – выключатель маломасляный (подвесного типа) (№1); ВВ – выключатель воздушный; ВЭ – выключатель электромагнитный (№2); ВВ(а) – выключатель вакуумный (№3).

Экономическая оценка рассматриваемых вариантов заключается в определении капитальных вложений и ежегодных издержек. Вариант с меньшими затратами не всегда является окончательным. Для правильного выбора варианта необходимо охарактеризовать степень экономичности одного варианта по отношению к другому, при этом нельзя не учитывать такие важные факторы, как надежность электроснабжения, качество электроэнергии и электробезопасность.

18.1.2. Анализ конкурентных технических решений

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

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования;
- бюджет разработки и т.д.

Одним из способов данного анализа является составление оценочной карты, приведенной в табл. 18.1.2.1.

Таблица 18.1.2.1 - Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	B_i	Баллы			Конкурентоспособность		
		№1	№2	№3	K_{k1}	K_{k2}	K_{k3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,23	3	4	4	0,69	0,92	0,92
2.Простота обслуживания	0,09	4	2	3	0,36	0,18	0,186
3.Пожаробезопасность	0,2	1	5	4	0,4	1	0,8
4.Срок службы	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
5.Масса	0,05	1	3	3	0,1	0,15	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Цена	0,7	4	3	2	2,8	2,1	1,4
2.Ежегодные затраты на поддержа-	0,12	1	3	4	0,12	0,36	0,48

ние							
3.Конкурентоспособность	0,09	2	4	4	0,27	0,36	0,36
4.Предполагаемый срок окупаемости	0,05	2	3	3	0,1	0,15	0,15
Итого	1	21	31	32	4,8	5,62	4,48

Анализ конкурентных технических решений:

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

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Пример:

$$K_{K1} = \sum B_i \cdot B_i = 0,23 \cdot 3 + 0,09 \cdot 4 + 0,2 \cdot 1 + 0,1 \cdot 3 + 0,05 \cdot 1 + 0,7 \cdot 4 + 0,12 \cdot 1 + 0,09 \cdot 2 + 0,05 \cdot 2 = 4,8.$$

Согласно оценочной карте наиболее конкурентоспособной является выключатель под номером 2.

Уязвимость данного варианта относительно конкурентов обусловлена сложностью конструкции дугогасительной камеры с системой магнитного дутья, ограниченным верхним пределом номинального напряжения (15—20 кВ), ограниченной пригодностью для наружной установки.

18.2. 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.

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрице SWOT с дополнением знаков для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие, «0» – при сомнениях в соответствии).

Проведем SWOT-анализ для 3 варианта.

Составление матрицы SWOT.

Таблица 18.2.1 - Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1: Простота конструкции С2: Ремонтопригодность С3: Надежность С4: Высокая коммутационная износостойкость С5: Пожаро- и взрывобезопасность С6: Отсутствие шума С7: Малые эксплуатационные расходы С8: Малые размеры	Слабые стороны проекта: Сл1: Сравнительно небольшие номинальные токи и токи отключения Сл2: Возможность коммутационных перенапряжений при отключении малых индуктивных токов Сл3: Небольшой ресурс дугогасительного устройства по отключению токов короткого замыкания
Возможности проекта В1: Современная разработка вакуумного выключателя с возможностью синхронной коммутации решает проблему коммутационных перенапряжений В2: Разработка вакуумных выключателей из материалов, устойчивых к различным изменениям окружающей среды	В1С3С4 В2С3С5	 В2Сл2
Угрозы проекта У1: Современная разработка вакуумного выключателя с возможностью синхронной коммутации и использование более усовершенствованных материалов приведет к ещё большему удорожанию выключателя У2: Усовершенствование вышеуказанными методами приведет к увеличению габаритов и веса выключателя	 У1С7 У2С1С8	 У2Сл1

Таблица 18.2.2 - Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта									
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7	С8
	В1	-	0	+	+	0	0	-	-
	В2	0	0	+	0	+	0	-	0

Таблица 18.2.3 - Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	0	-	0
	В2	0	+	-

Таблица 18.2.4 - Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта									
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7	С8
	У1	0	0	-	0	0	0	+	0
	У2	+	0	0	0	0	0	0	+

Таблица 18.2.5 - Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	0	0	0
	У2	+	-	-

Проведем SWOT анализ для 2 варианта.

Таблица 18.2.6 - Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1: Полная взрыво- и пожаробезопасность С2: Низкий уровень коммутационных перенапряжений С3: Малый износ дугогасительных контактов С4: Относительно высокая отключающая способность С5: Не требуют масла или другой гасящей среды С6: Экологическая чистота	Слабые стороны проекта: Сл1: Сложность конструкции дугогасительной камеры с системой магнитного дутья Сл2: Высокая проводимость стенок дугогасительной камеры Сл3: Ограниченный верхний предел номинального напряжения Сл4: Ограниченная пригодность для наружной установки
Возможности проекта В1: Установка изоляционных дугостойких экранов позволит уменьшить проводимость стенок дугогасящей камеры	B1C3C4	B1Сл1
Угрозы проекта У1: Установка изоляционных дугостойких экранов приведет к ещё большему удорожанию электромагнитного выключателя У2: Усовершенствование выше указанным методом приведет к увеличению габаритов и веса электромагнитного выключателя	У2С4	У2Сл4

Таблица 18.2.7 - Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5	С6
	В1	0	0	+	+	0	0

Таблица 18.2.8 - Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	+	-	0	0

Таблица 18.2.9 - Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	0	0	-	-	0	0
	У2	0	0	0	+	0	0

Таблица 18.2.10 - Интерактивная матрица слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	0	0	0	0
	У2	0	0	0	+

Подводя итоги SWOT анализа необходимо отметить, что возможности разрабатываемого проекта, такие как использование усовершенствованных материалов, изоляционных дугостойких экранов, а также разработка устройства синхронной коммутации ещё больше усилят сильные стороны разработки, такие как долговечность, надежность, коммутационную износостойкость.

Также реализация этих возможностей позволит сделать научно-техническую разработку более конкурентоспособной за счёт уменьшения слабых сторон проекта, а именно: коммутационных перенапряжений при отключении малых индуктивных токов и ресурса дугогасительного устройства по отключению токов короткого замыкания, высокой проводимости стенок дугогасительной камеры, сильного шумового эффекта при отключении токов КЗ. Однако стоит опасаться угроз проекта, обусловленные применением более усовершенствованных материалов, устройства синхронной коммутации и изоляционных экранов, которые, вероятно, увеличат стоимость разработки. Поэтому при возможном усилении слабых сторон проекта необходимо найти баланс соотношения между ценой, качеством и надёжностью НТИ, чтобы проект был конкурентоспособным на рынке электроэнергетики.

18.3. Планирование научно-исследовательской работы

18.3.1. Структура работы 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.

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 18.3.1.1.

Таблица 18.3.1.1 - Перечень этапов работ и распределение исполнителей

№ п/п	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Составление технического задания	Руководитель
2	Изучение литературы	Инженер
3	Расчет электрических нагрузок	Инженер
4	Расчет токов короткого замыкания	Инженер
5	Выбор электрооборудования	Инженер
6	Подготовка графического материала	Инженер
7	Составление пояснительной записки	Инженер
8	Проверка проекта	Руководитель
9	Исправление проекта	Инженер
10	Повторная проверка проекта	Руководитель
11	Сдача выпускной квалификационной работы	Инженер , руководитель

Минимальное и максимальное время выполнения работ получено на основе экспертных оценок.

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель (далее руководитель) и дипломник. Составлен перечень работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

18.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников выполнения проекта.

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{max i}}{5},$$

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

t_{mini} – 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 трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

Результаты расчетов сводим в таблицу 18.3.2.1.

Таблица 18.3.2.1 - Продолжительность работ

№ п/п	Вид работ	Должность исполнителя	$t_{\min}$, чел.-дн	$t_{\max}$, чел.-дн	$t_{\text{ож}}$, чел.-дн	Ч, чел	T_p , дн
1	Составление ТЗ	Руководитель	2	5	3,2	1	4
2	Изучение литературы	Инженер	7	9	7,8	1	8
3	Расчет электрических нагрузок	Инженер	16	20	17,6	1	18
4	Расчет токов КЗ	Инженер	14	19	16	1	16
5	Выбор ЭО	Инженер	13	20	15,8	1	16
6	Подготовка графического материала	Инженер	18	22	19,6	1	20
7	Составление ПЗ	Инженер	12	14	12,8	1	13
8	Проверка проекта	Руководитель	5	7	5,8	1	6
9	Исправление проекта	Инженер	9	11	9,8	1	10
10	Повторная проверка проекта	Руководитель	3	6	4,2	1	5
11	Сдача ВКР	Инженер	3	4	3,4	1	4
		Руководитель	1	2	1,4	1	2
Итого:							120

На основании таблицы 18.3.2.1. построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

Согласно календарному плану-графику работами, имеющими наибольшую длительность выполнения, являются: подготовка графического материала (20 дней), расчет электрических нагрузок (18 дней), расчет токов КЗ (16 дней), выбор электрооборудования (16 дней).

18.3.3. Расчет материальных затрат

К материальным затратам относятся затраты на канцелярские принадлежности, услуги печати, информационные носители и т.п.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (в натуральных единицах);

Таблица 18.3.3.1 - Диаграмма Ганта

№ п/п	Вид работ	Исполнители	Т _р , дн	Продолжительность выполнения работ												
				Фев.		Март			Апр.			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление ТЗ	Руководитель	4													
2	Изучение литературы	Инженер	8													
3	Расчет электрических нагрузок	Инженер	18													
4	Расчет токов КЗ	Инженер	16													
5	Выбор ЭО	Инженер	16													
6	Подготовка графического материала	Инженер	20													
7	Составление ПЗ	Инженер	13													
8	Проверка проекта	Руководитель	6													
9	Исправление проекта	Инженер	10													
10	Повторная проверка проекта	Руководитель	5													
11	Сдача ВКР	Инженер	4													
		Руководитель	2													

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

Материальные затраты на разработку проекта приведены в таблице 18.3.3.2.

Таблица 18.3.3.2 - Материальные затраты

Наименование	Количество, шт	Цена, руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Бумага	1	250	250
Карандаш	1	20	20
Ластик	1	20	20
Ручка	2	100	200
Папка	1	100	100
Калькулятор	1	750	750
Линейка	1	50	50
Услуги печати	200	2	400
Итого:			1790

18.3.4. Полная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, участвующих в выполнении работ. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется так:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) исполнителя рассчитывается:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Z_{\text{допл}} + Z_{\text{р.к.}}}{F_d},$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{допл}$ – доплаты и надбавки, руб.;

$Z_{р.к.}$ – районная доплата, руб.;

F_d – количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе, 22 при 5-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 18.3.4.1.

Таблица 18.3.4.1 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$Z_{допл}$, руб.	$Z_{р.к.}$, руб.	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33163	2700	10759	46622	1793	17	30484
Инженер	2344	350	808	3502	135	103	13900
Итого $Z_{осн}$, руб.							44384

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной.

Расчет полной заработной платы приведен в таблице 18.3.4.2.

Таблица 18.3.4.2 - Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	0,15	30484	4516	35000
Инженер	0,12	13900	1600	15500
Итого $Z_{осн}$, руб.		44384	6116	50500

18.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством РФ 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 так:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2017 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{внеб} = 0,302 \cdot (44384 + 6116) = 15,3 \text{ тыс.руб.}$$

18.3.6. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина коэффициента накладных расходов для ТПУ принята в размере 10%.

$$З_{\text{накл}} = 80000 \cdot 0,1 = 8000 \text{ тыс.руб.}$$

18.3.7. Формирование сметы технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 18.3.7.1

Таблица 18.3.7.1 - Смета технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
1.Материалы	1,8	2,25
2.Заработная плата	50,5	65,75
3.Отчисления во внебюджетные фонды	15,3	22,12
4.Накладные расходы	8	10
5.Итого	80	100

Таким образом, общие затраты на реализацию технического проекта составят 80 тысяч рублей, из которых более половины (65,75%) составят затраты по полной заработной плате исполнителей, треть – отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

18.4. Определение ресурсоэффективности проекта

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.

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к системе электроснабжения промышленных предприятий:

Безопасность – уровень безопасности условий труда при проектировании и эксплуатации проекта;

Удобство в эксплуатации – спроектированная система удобна для пользования потребителями;

Помехоустойчивость – способность системы передачи информации противостоять искажающему действию помех;

Энергосбережение – эффективное использование и экономное расходование энергетических ресурсов;

Надежность – обеспечивается требуемая категория надежности электроснабжения;

Материалоемкость – высокая эффективность использования материальных ресурсов в производстве.

Сравнительная оценка характеристик технического проекта приведена в таблице 18.4.1.

Таблица 18.4.1 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	4
3. Помехоустойчивость	0,15	4
4. Энергосбережение	0,15	4
5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,10	4
Итого:	1,00	

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 4,5.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- В результате проведения SWOT анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта, проведена оценка надежности и возможностей проекта. Сильные стороны обеспечивают высокую эффективность и безопасность проекта. Кроме того, низкие вероятности угроз обеспечивают высокую надежность для реализации проекта.

- При планировании технико-конструкторских работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая грамотно спланировать рабочее время исполнителей.

- Составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на проектирование ТП.

- Оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат, что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Обобщив выводы, можно заключить, что реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность машиностроительного завода: социальную, путем обеспечения требований безопасности и надежности; ресурсосберегающую, путем внедрения универсального и энергоэффективного оборудования, требующего меньших затрат при эксплуатации.