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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Определение риска эксплуатационных аварий на типовой линии электропередач

УДК614.8:621.315.1

Студент

Группа	**ФИО**	**Подпись**	**Дата**
1Е81	Кадиржанова Аружан Саятовна		

Руководитель

Должность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Доцент ОКД	Гусельников М. Э.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Профессор ОСГН	Гасанов М. А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Старший преподаватель	Авдеева И. И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
ДОПК(У)-1	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях

ПК(У)-11	Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения объектов защиты
ПК(У)-14	Способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду
ПК(У)-15	Способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации
ПК(У)-16	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов
ПК(У)-17	Способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска
ПК(У)-18	Готовность осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
20.03.01 Техносферная безопасность
_____ А.Н. Вторушина
04.02.2022 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Е81	Кадиржановой Аружан Саятовне

Тема работы:

Определения риска эксплуатационных аварий на типовой линии электропередач	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 12.01.2022 №12-30/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2022 г.

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 воздушная линия с напряжением 110 кВ Парабель-Лугинецкая .
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).*	– Определение возможных причин возникновение аварий при эксплуатации воздушной линии электропередачи; – Расчет вероятности риска, и экономического ущерба. – Разработка мероприятий по снижению риска возможных аварий
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы *(с указанием разделов)*	
Раздел	**Консультант**
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2022 г.

Задание выдал руководитель:

Должность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Доцент ОКД	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н		04.02.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	**ФИО**	**Подпись**	**Дата**
1Е81	Кадиржанова Аружан Саятовна		04.02.2022 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2022 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.04.2022	Обзор технических требований к эксплуатации воздушной линии электропередач с напряжением 110 кВ.	20
05.05.2022	Анализ причин возникновение аварийных ситуаций на воздушной линии электропередач	10
12.05.2022	Расчет экономического ущерба и риска	15
19.05.2022	Разработка мероприятий по снижению риска	25
25.05.2020.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2021 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Гусельников М. Э.	к.т.н.		04.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1Е81		Кадиржановой Аружан Саятовне	
Школа	ИШНКБ	**Отделение (НОЦ)**	Отделение и контроля диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/ специальность**	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Определение риска эксплуатационных аварий на типовой линии электропередач	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	*Объект исследования:* определение риска эксплуатационных аварий на типовой линии электропередач. *Область применения:* энергетика, электростанции. *Рабочая зона:* полевые условия. *Климатическая зона:* климат умеренно-континентальный. Средняя температура июля +21˚С, января –19˚С. *Наименование оборудования рабочей зоны:* ВЛ-110 кВ – 237 км. *Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:* установка для передачи и распределение электрической энергии по проводам, установленными при помощи изоляторов и арматуры к стойкам или опорам.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:	СТО 70238424.29.240.20.001-2011. Стандарт организации «Воздушные линии с напряжением0,4-20 кВ»; РД 153-34.3-03.285-2002 Правила безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ; ТК РФ Статья 351.6. Особенности регулирования труда работников в сфере электроэнергетики, сфере теплоснабжения, в области промышленной безопасности, области безопасности гидротехнических сооружений; Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда; Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов";
2. Производственная безопасность при эксплуатации:	**Опасные факторы:** – Электрический ток; – Короткое замыкание; – Статическое электричество; – Действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение рабочего; **Вредные факторы**: – Уровень шума – Освещенность; – Вибрация; – Электромагнитное излучения; – Факторы, связанные с аномальными климатическими параметрами воздушной среды на местонахождении рабочего; **Психофизические факторы:** – Умственное переутомление; – Эмоциональное переутомление;

	– Монотонность труда; – Динамические перегрузки; – Статические физические нагрузки;
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	**Воздействие на селитебную зону:**III класс опасности, СЗЗ-30 м. **Воздействие на литосферу:** утилизация твердых отходов, износившего оборудования, аккумуляторов. **Воздействие на гидросферу:** продукты жизнедеятельности персонала. **Воздействие на атмосферу:** не влияет на атмосферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	**Возможные ЧС:** Природные катастрофы (цунами, наводнения, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, обледенения, обвалы, сель и т.д.); Техногенные аварии (отказ технических систем, пожар); **Наиболее типичная ЧС**: пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е81	Кадиржанова Аружан Саятовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е81	Кадиржанова Аружан Саятовна

Школа	ИШНКБ	**Отделение школы (НОЦ)**	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	*Оклад руководителя – 30000 руб.* *Оклад инженера –15000 руб.*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	*Премиальный коэффициент руководителя 30%;* *Премиальный коэффициент инженера 20%;* *Доплаты и надбавки руководителя 30%;* *Доплаты и надбавки руководителя 30%;* *Дополнительной заработной платы 12%;* *Накладные расходы 16%;* *Районный коэффициент 1,3%.*
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	*Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
4. *Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*	*Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии*
5. *Планирование и формирование бюджета научных исследований*	*Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования*
6. *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования*	*Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения*
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	4.03.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е81	Кадиржанова Аружан Саятовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему ‹‹Определение риска эксплуатационных аварий на типовой линии электропередач›› состоит из текстового документа на 80 стр. 3 рис., 32 табл., 31 источников.

Ключевые слова: ВОЗДУШНАЯ ЛИНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, ВЕРОЯТНОСТЬ РИСКА, УЩЕРБ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, АВАРИЯ.

Объектом исследования является: Воздушная линия с напряжением 110 кВ Парабель-Лугинецкая.

Цель работы – снижение рисков, вызываемых авариями на воздушных линиях электропередачи на территории Томской области.

В процессе исследования проводились изучение действующих нормативных требования по эксплуатации воздушной линии; анализ возможных причин и факторов, способствующих возникновению и развитию аварийных отключений при эксплуатации воздушной линии электропередачи.

В результате исследования были разработаны снижающие риск мероприятия.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: были разработаны мероприятия, которые обеспечивает минимальный экономический ущерб при аварийных отключениях.

Область применения: результаты могут быть применены при эксплуатации и ремонтных работ на воздушной линии электропередачи.

Экономическая эффективность/значимость работы: обеспечение снижение экономического ущерба при аварийных отключениях, при помощи разработки мероприятий на воздушных линиях электропередач.

Список сокращений

ЛЭП-линия электропередач;

ВЛ-воздушная линия электропередач;

КЗ-короткое замыкание;

ПС – подстанция;

ЭЭС – электроэнергетическая система;

ЭС – энергосистема;

ОРУ – открытое распределительное устройство.

Содержание

Введение 14

1 Обзор литературы 16

1.1 Классификация воздушных линий электропередач 16

1.2 Типовая конструкция ВЛ 17

1.4 Организация ремонтных работ 22

1.5 Основные причины повреждения воздушных линий электропередачи 24

1.6 Аварийно-восстановительные работы на ВЛ. 24

2 Аналитическая часть 26

2.1 Характеристика предприятия 26

2.2 Анализ аварийных отключений ВЛ - 110 кВ 27

3 Расчетная часть 29

3.1 Оценка риска аварий при эксплуатации ВЛ-110 кВ. 29

3.2 Расчет вероятности отключения ВЛ - 110 кВ 29

3.3 Оценка ущерба и риска аварийных отключений на ВЛ 110 кВ 33

3.4 Мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ВЛ- 110 кВ .. 38

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 41

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования 41

4.2 Анализ конкурентных технических решений 42

4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию 47

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования 47

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) 54

4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ 54

4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ 55

4.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы 56

4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы 57
4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды 58
4.5.6 Накладные расходы 59
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 60
5 Социальная ответственность 64
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 64
5.2 Производственная безопасность 66
5.3. Экологическая безопасность 73
5.4. Чрезвычайные ситуации 75
Заключение 77
Список литературы 78

Введение

Электрическая энергия является самым удобным и дешевым типом энергии. Положительные свойства электроэнергии вытекают из относительной легкости ее получения, преобразования и возможность ее передачи на большие расстояния. Электроснабжение промышленных, коммунальных и других потребителей обеспечивается от электростанций. Электростанции могут располагаться рядом с потребителями, а могут быть удалены на значительное расстояние.

Обеспечение надежности энергетической системы стало главной проблемой современной энергетики. Связь между энергосистемой, ее компонентами и внешней средой может быть вероятностной, поэтому надежность работы энергосистемы включает в себя нарушения [1]. В случае выхода из строя одного компонента системы может произойти частичное отключение сети, что может привести к прерыванию электроснабжения потребителей, полному или частичному прерыванию питания одного элемента и отклонению напряжения от допустимого значения [2].

Актуальность выбранной темы заключается в том, что отключение электрической энергии 110 кВ от воздушных линий электропередачи (ВЛ) может быть ограничено неожиданными перерывами из-за выхода из строя отдельного конструктивного элемента ВЛ, нарушения технологии изготовления, монтажа и эксплуатации, а также внешних воздействий.

Цель выпускной квалификационной работы – снижение рисков, вызываемых авариями на воздушных линиях электропередачи.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- изучение нормативных требований эксплуатации на воздушных линиях электропередач;

- определение возможных причин аварийных отключений на воздушной линии электропередачи;

- расчет экономического ущерба и вероятности при аварийных отключениях воздушной линии электропередачи;

- оценка риска и разработка мероприятий по снижению риска по данным расчетам.

1 Обзор литературы

1.1 Классификация воздушных линий электропередач

В России используется кабельные и воздушные линии электропередачи. Воздушные линии с напряжением 6-10 и 35-110 кВ используются практически во всех энергосистемах России.

Воздушная линия электропередачи отличается по нескольким признакам.

По назначению:

– сверхдальние напряжения (500кВ) – используются в единой энергосистеме России.

– магистральные напряжение (220,330кВ) - для транспортировки энергии от электростанций большой мощности, а также для объединения энергетических систем и объединения электростанций внутри энергетических систем, например, путем подключения электростанций к точкам распределения.

– распределительные напряжение (35, 110 и 150 кВ) – снабжают электроэнергией компания и населенные пункты на крупных территориях, объедения потребителей с распределительными пунктами.

– ВЛ с напряжением 20 кВ и ниже снабжают электроэнергией только потребителей.

По напряжению:

- Низковольтные воздушные линии (до 1000 В);
- Высоковольтные воздушные линии (от 1000 В).

По классу напряжения:

- среднее напряжение (ВЛ 1 – 35 кВ);
- высокое напряжение (ВЛ 110-220 кВ);
- сверхвысокое напряжение (ВЛ 330-750 кВ);
- ультравысокое напряжение (ВЛ выше 750 кВ) [3].

1.2 Типовая конструкция ВЛ

Конструкция ВЛ, ее проектирование и строительство регулируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и Строительными нормами и правилами (СНиП) [4].

Для каждой конструкции ВЛ должен указываться вид материала с учетом метеорологических и геологических условий на маршруте линии, которая прописана в проекте строительства.

Воздушная линия электропередачи состоит из трех элементов:

1. Провода
2. Опоры
3. Изоляторы

- *Изоляторы*.

Линейные изоляторы предназначены для изоляции проводов и грозозащитных тросов от земли. Работающие изоляторы воздушных линий имеют большое электрическое сопротивление. В то же время они воспринимают механические нагрузки от массы провода, тяги, льда, снежных осадков, дождя, тумана, росы, давления ветра, вибрации и тепловых колебаний.

Особенно суровыми условиями работы изоляторов являются образование солей, кислот, порошковых растворов в атмосфере. Таким образом, линейная изоляция должна обладать электромеханической прочностью, которая определяет допустимую механическую нагрузку.

Эксплуатация линейного изолятора характеризуется некоторыми особенностями: контролем, управлением, а также сложностью замены линейного изолятора. В случае повреждения изоляторов происходит длительный обрыв проводки, а также значительные экономические потери при простоях. Таким образом, высокие требования предъявляются к надежности изоляции, простоте монтажа и обслуживания в процессе эксплуатации изолятора.

-*Опоры*

Опоры нужны для установки изоляторов, грозозащитных тросов и воздушных проводов. Промежуточные опоры, анкеры, углы и специальные опоры различаются в зависимости от их назначения. Методы эксплуатации и ремонта зависит от типа материала, в основном опоры сделаны из таких материалов, как дерево, железобетон, металл.

В основном используются деревянные опоры, так как они имеют ряд преимуществ. Они довольны дешевы из-за материала, просты в строительстве, и имеют хорошие механические и другие характеристики. Основной деревянный материал это сосна. Стойкость деревянной опоры зависит от свойств (плотности и возраста) дерева. Повышенная влажность приведет к снижению прочности древесины. В случае "дефектов" в деревянных деталях механическая прочность значительно снижается. Однако самым опасным недостатком является то, что древесина является скоропортящейся.

Чтобы предотвратить гибель, деревянные опоры пропитаны консервантами. Если срок службы обычной сосны без пропитки до 5-6 лет, то пропитка древесины консервантами увеличит срок службы опоры до 20 лет. Основным дезинфицирующим средством является креозотовое масло, получаемое при переработке угля. Пропитанную древесину предварительно высушивают, остужают до температуры 19-20 градусов, а затем погружают в автоклав с креозотом для пропитки.

- *Провода*

При выборе провода рассматривают такие характеристики, как высокая электропроводность, механическая прочность и коррозионная стойкость. На сегодняшний день для воздушных линий используются следующие типы проводов:

– неизолированный оголенный провод на воздушных линиях ниже 1 кВ и воздушных линиях выше 1 кВ;

– изолированные провод для воздушных линий напряжением до 1 кВ.

– самонесущие изолированные провода с напряжением до 1 кВ. Самонесущий изолированный провод скручивается через изолирующий сердечник. Изолирующий сердечник может быть изолированным или неизолированным;

– защитные провода используются для воздушных линий напряжения выше 1 кВ и выше 20 кВ. Напротив, оголенный провод имеет защитный изолированный корпус.

Обычно провода изготавливаются скруткой нескольких алюминиевых и одного стального, реже из медного или алюминиевого сплава.

Воздушные линии с напряжением 110 кВ демонстрируют явление короны, такое как ионизация воздуха вдоль проводов. Из-за этого явление все приводит к потере мощности во время передачи и повышает уровень помех. Этот эффект уменьшается с увеличением диаметра провода, поэтому минимальная длина поперечного сечения провода линии является нормальной в зависимости от условий короны и радиопомех. Для того чтобы уменьшить общее поперечное сечение провода, используется так называемое разделение фаз, то есть один большой провод заменяется несколькими меньшими параллельными проводами [3].

1.3 Работы по эксплуатации линий электропередач

Основной работой сотрудников, которые занимаются эксплуатацией, является обеспечение потребителей бесперебойным электроснабжением и поддержание нормальных показателей вырабатываемой электроэнергии в минимально возможном количестве. Ключевым структурным подразделением системы является Министерство энергетики Российской Федерации, занимающееся электросетевым хозяйством. В это подразделение входит электросетевые предприятие (ПЭС), которое осуществляет ремонт и техническое обслуживание, реконструкцию электростанций и линий

электропередачи. Ремонт и техническое обслуживание должны выполняться в соответствии с правилами эксплуатации используемого оборудования [4].

Эксплуатационные работы включают в себя осмотр, проверку оборудования, ремонт оборудования и конструкций.

Методика технического обслуживания воздушных линий содержит систематичное и своевременное предотвращение, а также профилактику различных составляющих и элементов от раннего износа, с проведением профилактических замеров и ликвидацию небольших дефектов, неполадок.

Основополагающую значимость для организации эксплуатации представляет собой усовершенствование рабочей организации. Одной из многообещающих форм является внедрение коллективных соглашений согласно ремонтным работам и обслуживанию электросетей. При этом каждая бригада осуществляет конкретную зону обслуживания - электросети и трансформаторы. Каждая бригада имеет заранее утвержденный план, где указаны все расходы на ремонт, затраты рабочей силы в нормальном рабочем времени, количество работников, заработная плата а также материалы. Главный бригадир отвечает за безаварийную работу сети. Электромонтеры обязаны заполнить гарантийный паспорт проделанной работы.

Такие работы включают в себя:

– осмотр воздушных линий;

– установка, замена, проверка ограничительных труб;

– измерение сопротивления проводных, винтовых, вспомогательных и переходных резьбовых соединений;

– проверка веса монтажных кронштейнов;

– проверка и затяжка болтов и анкерных болтов;

– работы и измерения, связанные с установкой конструктивных элементов воздушной линии;

– надзор за сторонними работами вблизи линии электропередачи;

– замена отдельных элементов линии и выпрямление отдельных опор;

– измерения и испытания на линиях, направленные на повышение качества обслуживания;

– выполнение операций по защите линий;

– очистка изоляции;

– вырубка отдельных деревьев (угрожает разрастанием на недопустимых расстояниях в направлении линии), обрезка ветвей отдельных деревьев, удаление участков трассы от кустарников;

– замена нумерации и предупреждающих плакатов.

Процессы эксплуатации делятся на:

– непрерывный;

– циклический, т.е с определенной вероятностью;

– оперативный (с неопределенным моментом включения);

– общий (сочетание трех видов).

Работники, эксплуатирующие разнообразные производственные объекты в различных условиях, обязаны соблюдать действующие правила по охране труда, а также должны пройти инструктаж по охране труда в соответствии с установленным требованиями. Факт проведения инструктажа фиксируется в соответствующем журнале регистрации. Работники должны быть обеспечены в полном объеме необходимыми средствами индивидуальной и коллективной защиты [5].

Основными требованиями безопасности при эксплуатации воздушных линий, подлежащими безусловному выполнению, являются:

а) работа со снятием напряжения:

– осуществление технических мер по отключению воздушных линий,

– проверка отсутствия напряжения на рабочем месте;

– установка заземление на рабочем месте;

– внедрение технических мер на линиях, отключенных и заземленных воздушных линий,

– выполнение правил на работах вблизи воздушной линии переменного тока под напряжением,

б) Работы с напряжением на токоведущих элементах:

– работы выполняются в соответствии со специальными инструкциями и техническими картами;

– использование защитного оборудования, соответствующего действующим правилам эксплуатации и требованиям к проверке защитного оборудования для электроустановок;

– предотвращение вредных воздействий электрических полей с помощью защитных комплектов;

в) Работ без снятия напряжения на токоведущих элементах:

– запрещается приближаться к контактной части ВЛ на расстояние меньшее допустимого;

– при осмотре ВЛ или стрелочных переводов запрещается лазать по опорам и конструкциям.

1.4 Организация ремонтных работ

При ремонте электропроводной линии осуществляется комплекс мер по поддержанию или восстановлению первоначальных эксплуатационных характеристик электропроводной линии, ремонтом или заменой отдельных элементов.

На опорах ВЛ 110кВ техническое обслуживание производится с частотой:

– на деревянных опорах 1 раз в 5 лет;

– на железобетонных и металлических опорах 1 раз в 10 лет.

Ремонтные работы на воздушной линии определяется стандартными инструкциями по эксплуатации воздушной линии.

Объем работ по техническому обслуживанию определяется на основе результатов предыдущих проверок, испытаний и измерений. Поэтому для

планирования технического обслуживания используются следующие технические документы:

– паспорт ВЛ;

– документы, описывающие расследование;

– отчет о разрушении деревянных опор;

– отчет о проверке линейной изоляции;

– отчет о размерах и стрелках провисающих проводов и кабелей;

– отчет о результатах измерения сопротивления заземляющего устройства;

– журнал неисправностей;

– журналы рабочего места и другие виды документов на воздушных линиях.

На основании этих документов был составлен многолетний график работ, а также определен перечень всех линий электропередачи в соответствии с техническими условиями и годом, в котором они были сняты с технического обслуживания. В соответствии с многолетним графиком составлен годовой график работы [6].

Завершенное техническое обслуживание воздушной линии должно быть выполнено техническим менеджером предприятия, как указано в графике работ. Все работы на воздушной линии должны быть подготовлены с соответствующими документами, в которых указывается объем выполненных работ, дата завершения и название производителя работ.

В паспорте воздушной линии должны быть отражены все основные работы, связанные с заменой кронштейнов, проводов, изоляторов и изменениями характеристик воздушных линий, например, появлением новых переходов.

1.5 Основные причины повреждения воздушных линий электропередачи

Различают устойчивое повреждения элементов ВЛ (опоры, провода, изоляторы) и неустойчивые (самовосстанавливающиеся). Неустойчивые повреждение ликвидируются путем успешного действия устройств автоматического повторного включения (АПВ) или ручного включения.

Основными причинами повреждения воздушных линий являются:

– перекрытие изоляции из-за удара молнии;

– гололед;

– ветровая нагрузка;

– вибрация и пляска проводов;

– возгорание деревянных кронштейнов;

– износ прочности опорных деталей;

– повреждение кронштейнов и проводов транспортным средством и т.д.

Повреждение воздушных линий также может произойти при нормальных условиях эксплуатации:

– электрические нагрузки, превышающие расчетное значение;

– неполадки, возникающие при изготовлении кронштейнов, проводов и изоляторов;

– неправильное использование проводов, кронштейнов и изоляторов в природных и климатических зонах;

– несоблюдение правил монтажа и строительства воздушных линий;

– нарушение сроков и объемов проверок, текущего и капитального ремонта [7].

1.6 Аварийно-восстановительные работы на ВЛ.

Аварийно-восстановительные работы проводятся во внеплановом порядке. Объем работ по устранению аварийного ущерба должен быть

определен на основе данных о характере и масштабах ущерба, а также о месте повреждения.

Перед началом аварийно-восстановительных работ персонал должен быть обучен аварийной подготовке. После идет подготовка материала и оборудование, транспортного средства. Маршрут транспортировки бригады к месту проведения работ должен быть заранее спланирован.

Для устранения повреждений воздушных линий необходимо создать аварийный запас древесины, железобетонных каркасов, проводов, изоляторов и других материалов в соответствии с действующими нормами. На плановые ремонты использовать аварийные резервные материалов не допускается. Для пополнения аварийных резервов могут быть использованы материалы и оборудование, которые остались неповрежденными во время аварии и были демонтированы в период ликвидации.

Запасы материалов, израсходованных при аварийном восстановлении воздушных линий, должны быть как можно скорее пополнены.

Материалы для аварийного резерва должны храниться в специальных складах. Запрещается хранить материалы аварийного инвентаря вместе с материалами и оборудованием, используемыми для капитального ремонта.

На месте хранения аварийного инвентаря должен быть составлен список с указанием количества в соответствии со спецификацией и фактическим наличием [8].

Хранение и размещение аварийных припасов должны обеспечивать их доступность, и обеспечивать возможность их быстрого получения для транспортировок к воздушным линиям в случае чрезвычайной ситуации.

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика предприятия

В данной работе в качестве объекта исследования был выбран филиал ПАО «Томская распределительная компания» – распределительная сетевая кампания, снабжающая электроэнергией Томскую область.

ПАО «ТРК» - региональная энергетическая компания, осуществляющая передачу и распределение электроэнергии по электрическим сетям напряжением 0,4-6(10)- 35-110 кВ по всей территории Томской области. ПАО «ТРК» с марта 2012 года входит в группу компаний ПАО «Российские сети ».

В эксплуатации и обслуживании в филиале находятся линии 0,4-110 кВ протяженностью по трассе 18007,2км, 135 подстанций напряжением 35-110кВ общей мощностью 2863,9 МВА и 3165 трансформаторных и распределительных подстанций напряжением 6-10 кВ[6].

В компанию входят три дирекции:

- Центральные электрические сети
- Северные электрические сети
- Восточные электрические сети

В состав включены 19 районов электрических сетей и 2 производственных отделения: по информационным технологиям и телекоммуникациям и Центр управления сетями. Компания передает по своим линиям 5000 млн. кВт/ч электроэнергии в год.

Исследования срока эксплуатации электросетей напряжением 110кВ ПАО «ТРК» показал такие данные [9]:

- 51 подстанций отработали более 30 лет;
- 18 подстанций отработали 25-35 лет;
- 1447,5 МВА трансформаторной мощности отработало более 30 лет;
- 488,8 МВА трансформаторной мощности отработало 25-35 лет;
- ЛЭП протяженностью 2614 км в одно цепном исчислении отработали более 40 лет

– ЛЭП протяженностью 1832 км в одно цепном исчислении отработали более 40 лет.

Распределение трансформаторной мощности и протяженности высоковольтных линий 110кВ филиала ПАО «ТРК» по группам в зависимости от срока эксплуатации представлено на рисунке 2.1.

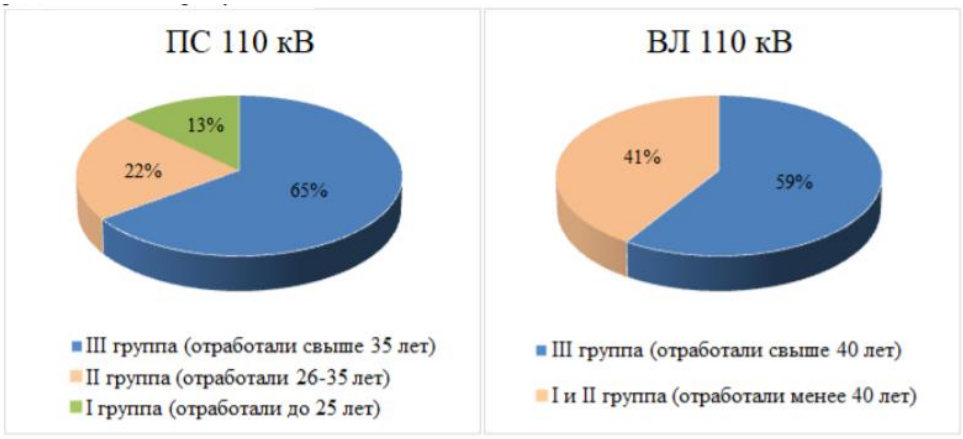

Рисунок 2.1. Распределение трансформаторной мощности и протяженности линий электропередачи 110 кВ ПАО «ТРК»

2.2 Анализ аварийных отключений ВЛ - 110 кВ

Анализ аварийных отключений (в неработоспособном состоянии) нужен для того, чтобы поддерживать структуру системы, контролировать параметры и режимы работы электрооборудования, комплексов, определять пути совершенствования систем управления и разработать новые инструменты технического обеспечения такой системы. Статистика аварийных отключений пересмотрена в период с 2013 по 2020 годы. Для проведения анализа выбран межрегиональная ВЛ 110 кВ длиной 181 км, с отпайками 17,56 километров и 38,34 километров. Суммарное число отключений линий воздушной сети составляло 52, из них 44 аварий по известным нам причинам. По неизвестной причине все отключения составили 15 отключений.

Таблица 2.1 –статистика аварийных отключений на ВЛ

Год	По известной причине	По неизвестной причине	Всего
2013	6	0	52
2014	3	0	
2015	0	0	
2016	5	3	
2017	1	1	
2018	9	2	
2019	8	1	
2020	12	1	
Итого	44	8	

Определим вероятность P_A, шт/(км•год) аварии на рассматриваемой ЛЭП.

$$P_A = \frac{52}{(181+17{,}56+38{,}34)(2020-2013)} = 0{,}08 \text{ шт}/(\text{км} \bullet \text{год}) \qquad (2.1)$$

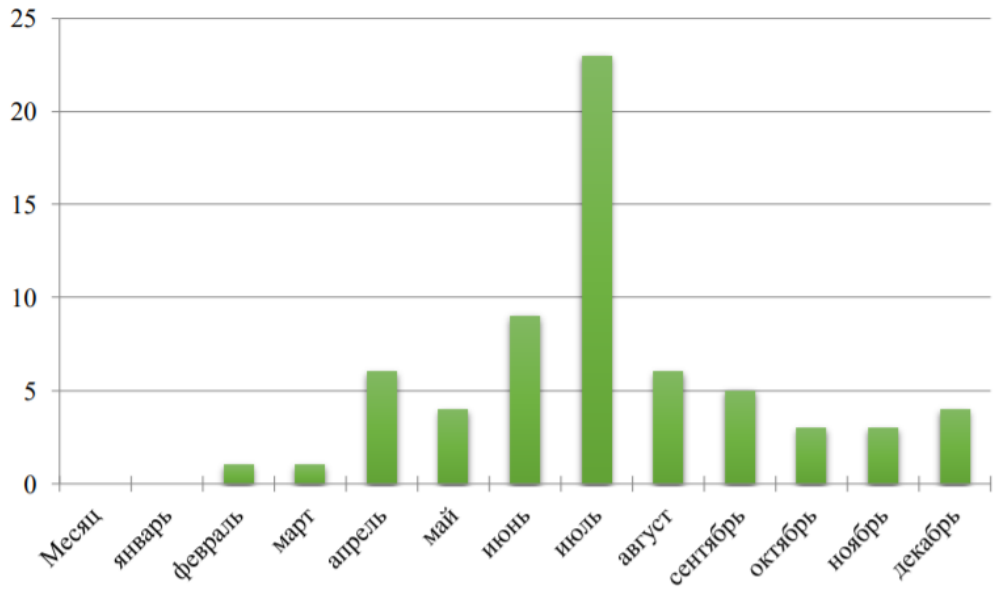

Рисунок 2.2 – Динамика отключений в сезонные периоды на ВЛ-110

По графику видно, что в промежутке апреля и декабря происходила больше всего отключений. В основном по причинам загрязнения изоляторов и воздействия молний, которые характерны для данного периода. Большинство простоев оказались кратковременными, так как автоматическая проверка активации линий воздушного движения сыграла положительную работу.

3 Расчетная часть

3.1 Оценка риска аварий при эксплуатации ВЛ-110 кВ.

Один из способов изучения риска возникновения чрезвычайной ситуации является ее анализ и дальнейшая оценка. Принимая во внимание производственные опасности, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям, можно оценить возможные последствия аварии с целью разработки плана действий по уменьшению ущерба и устранению этих последствий. Для оценки рисков нужно определить вероятные причины возникновения аварийных ситуаций на предприятии. На основании полученных результатов можно сделать вывод, из чего составляет риск. При определении риска должны быть приняты организационные и технические меры для снижения уровня риска и уменьшения ущерба, причиняемого в чрезвычайных ситуациях на производстве.

3.2 Расчет вероятности отключения ВЛ - 110 кВ

Распространенными причинами перебоев в подаче электроэнергии являются плохие погодные условия, к которым относятся сильные ветровые колебания, удары молнии по проводам, изоляторам и опорам, обрывы проводов по причине столкновения, износ изоляторов и перекрытие изоляторов, вызванное действиями птиц.

Для ВЛ-110 кВ на Парабель-Лугинецк за период с 2013 по 2020 годы было зафиксировано 44 аварийных отключения:

- 10 (22,73 %) – грозовые перенапряжения;
- 13 (29,65 %) – перекрытие изоляции;
- 7 (15,81 %) – «действие» птиц;
- 9 (20,35 %) – загрязнение изоляции;
- 5 (11,46 %) – повреждения в сети из-за человеческих действий.

Проведем вычисление вероятностей отключения ЛЭП по различным причинам. Результаты отразим в таблице 3.1 и на рисунке 3.1. При ее

заполнении вычислим вероятность отключения сети по каждой из выше указанных причин:

$$P_1 = D_1 \cdot P_A = 0{,}2273 \cdot 0{,}08 = 1{,}8 \cdot 10^{-2}, \quad (3.1)$$

где: D_1 =0,08 в соответствии с выражением (2.1).

$$P_2 = 0{,}2965 \cdot 0{,}08 = 2{,}4 \cdot 10^{-2}$$

$$P_3 = 0{,}1581 \cdot 0{,}08 = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$$

$$P_4 = 0{,}2035 \cdot 0{,}08 = 1{,}6 \cdot 10^{-2}$$

$$P_5 = 0{,}1146 \cdot 0{,}08 = 0{,}9 \cdot 10^{-2}$$

Таблица 3.1 – оценка вероятности аварии при отключении ЛЭП

Причины аварийных отключений	Доля D_i, %	Вероятность отключения P_i,1/(км•год)
Грозовые перенапряжения	22,73	0,018
Загрязнение изоляции	29,55	0,024
Перекрытие изоляции	15,91	0,012
Птицы	20,45	0,016
Повреждения линия в сети	11,36	0,009

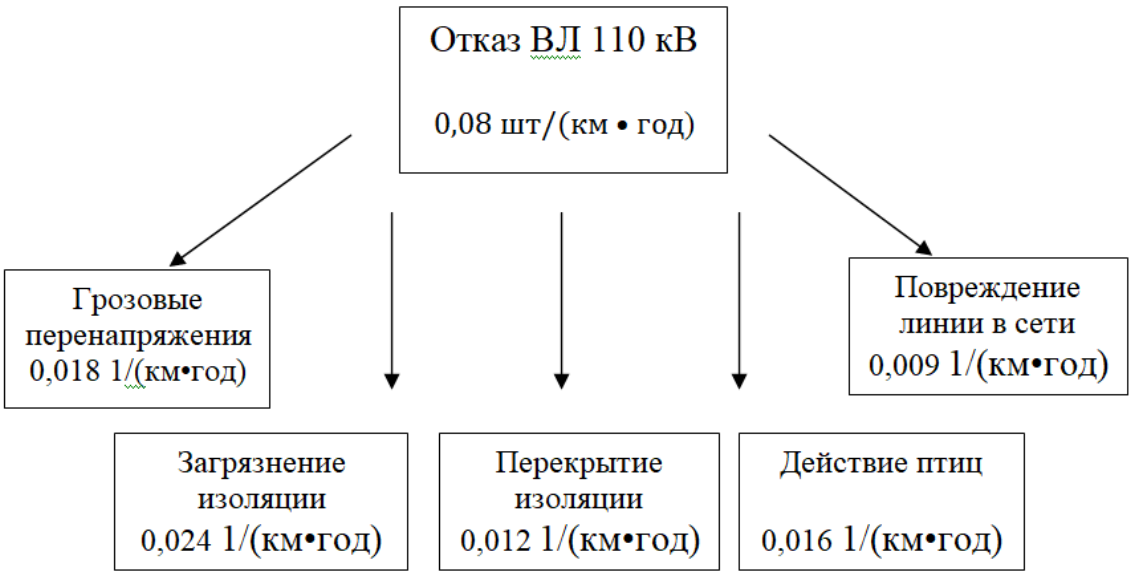

Рисунок 3.1 – оценка вероятности аварии при отключении ЛЭП

Для устранения аварийного отключения ВЛ работники должны выполнить действия, указанные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – действие работников при повреждении

Причина отключения	Повреждение	Действие работников
Повреждение линии сети	Обрыв провода	Установка автомобильной вышки в удобном для работы положении. Подъем на опору. Снятие обвязки проводов на соседних опорах и опускание провода на землю. Спуск с опоры. Установка полиспасты на проволоку. Напряжение на проводе. Отрезание дефектной области. Готовим новый провод. Чистка концов провода и разъемов под слоем смазки. Соединение проводов с помощью разъемов или термической сварки. Удаление полиспаста. Спуск с горы, приведение транспорта в исходное положение.

Таблица 3.2 (продолжение)

Причина отключения	Повреждение	Действие работников
Перекрытие изоляции	Повреждение изолятора	Отсоединяем крепежное приспособление от разъединителя. Снимаем старый и устанавливаем новый изолятор. Отсоединение аппаратного зажима от разъединителя. Проверка и регулирование разъединителя на одновременность включение плотности контакта и ножей [12].
Загрязнение изолятора		Обмыв изоляторов ВЛ до 500 кВ включительно производится специально обученным персоналом струей воды под давлением 0,5 — 1 МПа (5 —10 кгс/см^2) при минимально допустимых расстояниях по струе воды между насадкой и обмываемым изолятором [13].
Действия птиц	Загрязнение изолятора	Паста из отмученной глины и соляной кислоты наносится и растирается кистью по поверхности изолятора, через 10-15 мин вымывают мокрой тряпкой. Изолятор промывается теплой водой и вытирается насухо .
Грозовое перенапряжение	Замыкание грозозащитного троса	Для начала в анкерном пролете снимаем натяжение по тросу, после трос натягивается через блок тяговым механизмом. Отсоединяем от опоры и опускаем на землю. Снимаем поддерживающие зажимы и устанавливаем на их место прокатный ролик. Новый трос сначала прокладывается вдоль анкерной части, а отдельные отрезки соединяем друг с

		другом, поднимают на опору и помещают в раскаточный ролик. Далее закрепляем трос на одной из анкерных опор пролета, а затем натягиваем на вторую анкерную опору того же анкерного пролета [12].

3.3 Оценка ущерба и риска аварийных отключений на ВЛ 110 кВ

Для определения ущерба аварии на воздушной линии Парабель – Лугинецкая должны определить:

– стоимость материалов, использованных при ремонте;

– зарплата электромонтеров, которые устранили аварию;

– стоимость невыпущенной продукции;

– аренда автотранспорта [11].

1) Определим стоимость использованных при ремонте материалов и занесем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 –материалы, использованные при ремонте

Причина	Последствие	Основные Материалы	Цена
Грозовые перенапряжения	Обрыв грозозащитного троса	Грозотрос ТК-70	190·100=19000 руб.
Перекрытие изоляции	Разрушение изоляторов	Линейный полимерный изолятор ЛК 70/20-И-3 ГС	795·7=5565руб.

Действие птиц	Загрязнение элементов линии электропередачи	-	-
Загрязнение изолятора	-	-	-
Повреждение линии сети	Обрыв провода	Провод А/С 400/64	124,74·50=6237руб,

2) Произведем расчет затрат времени, необходимых для устранения аварии. Среднее расстояние Парабель –Лугинецк составляет

$$S = \frac{237}{2} = 118{,}5 \text{ км} \qquad (3.2)$$

Дорога до ВЛ состоит из 103 км асфальта и 15,5 км грунтовой дороги. Скорость транспортного средства на асфальтной дороге– 70 км/час, на грунтовой дороге -50 км/час.

При помощи известных данных определили, что время в пути составляет 2 часа 20 минут.

Время устранение аварии для каждой причины:

– Грозовое перенапряжение – 8ч 30 мин.

– Перекрытие изоляции – норма времени для одного человека на замену одного изолятора составляет 1,2 ч. В данной работе участвуют два работника, тогда на замену 7 изоляторов уйдет 5 часов 6 минут.

– Загрязнение изоляции – на очистку изоляции уходит в среднем 3 часа.

– Действие птиц – 3 часа.

– Повреждение сети потребителями 8 ч 30 мин.

3) Определим потери из-за недопоставленной продукции. ВЛ 110 кВ Парабель – Лугинецк передает электроэнергия для потребителя мощностью 5 МВт. Стоимость 1 кВт/ч В Томской области составляет 3,85 рубля.

Таблица 3.4 – потерянная сумма электроэнергии

Причина отключение	Время перерыва электроснабжения	Не проданная электроэнергия	Потерянная сумма
Грозовое перенапряжение	13 ч 10 мин	65500	252175
Перекрытие изоляции	9 ч 46 мин	47300	182105
Загрязнение изоляции	7 ч 40 мин	37000	142450
Действие птиц	7 ч 40 мин	37000	142450
Повреждение сети потребителями	13 ч 10 мин	65500	252175

4) Рассчитаем заработную плату электромонтеров

Заработная плата электромонтеров является повременно-премиальной. Плата основывается на 28-разрядной единой тарифной сетке работников РФ(ЕТС). При этом тарифные ставки работников рассчитываем по тарифной ставке первого разряда, устанавливаемой кабинетом Министров РФ, тарифных, корректирующих коэффициентов и единой тарифной сетки.

Определим зарплату старшего электромонтера

$$С_м = З_м \cdot К_{т.с} \cdot К_{кор.} \cdot К_{доп.} \quad (3.3)$$

$З_м$ – тарифная ставка за месяц

$К_{т.с}$ –коэффициент тарифной сетки

$К_{кор.}$ – корректирующий коэффициент

$К_{доп.}$ –коэффициент, за руководство бригадой

$С_м = 30 \cdot 2{,}35 \cdot 1{,}12 \cdot 1{,}4 = 110{,}54$ тыс. руб. (5527 рублей/8часов)

Определим зарплату электромонтера

$$С_м = З_м \cdot К_{т.с} \cdot К_{кор.} \quad (3.4)$$

$С_м = 30 \cdot 1{,}73 \cdot 1{,}15 = 60$ тыс. руб/мес. (3000руб/8часов)

Средняя зарплата водителя составляет 25000 рублей (1250/8часов).

Рассчитанные величины затрат на оплату работ по устранению аварий внесем в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – затраты на заработные платы

	Количество работников	Затраты на заработную плату, руб.	Накладные расходы,руб.
Грозовое перенапряжение	Старший электромонтер – 1чел., электромонтер -2 чел., водитель -1 чел .	19365	56929
Перекрытие изоляции	Электромонтер -3 чел., водитель -1 чел .	15250	44853
Загрязнение изоляции	Электромонтер -2 чел, водитель -1чел .	10375	30515
Действие птиц	электромонтер -2чел, водитель -1 чел.	10375	30515
Повреждение сети потребителями	Старший электромонтер – 1чел, электромонтер -3 чел., водитель -1 чел..	32443	44853

Затраты на аренду используемой при ликвидации аварии техники приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - аренда транспорта

Автокран	2000 руб/час
Грузовик	800 руб/час

По выше определенным затратам на устранение рассматриваемых аварий определим суммарный ущерб. Результаты сведены в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – суммарный ущерб для каждой причины

Причина отключения	Суммарный ущерб, руб.
Грозовое перенапряжение	19000+252175+56929+30000=358104
Перекрытие изоляции	5565+182105+44853+28000=260523
Загрязнение изоляции	142450+30515+17600=190565
Действие птиц	142450+30515+17600=190565
Повреждение сети потребителями	6237+252175+44853+30000=345341

Для организации, эксплуатирующей воздушную линию с напряжением 110 кВ Парабель-Лугинецкая, стоимость затрат на эксплуатацию определяется не только величиной наносимого каждой аварией ущерба, но и вероятностью возникновения этой аварии. Поэтому важным показателем является риск аварии, который определяется следующей формулой:

$$R_i = P_i \cdot U_i \qquad (3.5)$$

где:

P_i – вероятность аварии приводящей к отключению ЛЭП. Определяется данными из таблицы 3.1;

U_i – ущерб, вызываемый аварией. Для разных видов аварий приведен в таблице 3.7.

Рассчитанные по выражению (3.5) величины ущерба внесены в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – расчет риска возникновение аварии

Причина отключения	Риск руб/(год· км)
Грозовое перенапряжение	358104·0,018=6445,87
Перекрытие изоляции	260523·0,024=6252,55
Загрязнение изоляции	190565·0,012=2286,78
Действие птиц	190565·0,016=3049,04
Повреждение сети потребителями	345341·0,009=3108,07

3.4 Мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ВЛ-110 кВ

Из полученных данных видно, что наиболее велик риск, вызываемый грозовыми перенапряжениями и перекрытием изоляции. Однако, это не значит, что в первую очередь необходимо выполнять мероприятия, направленные на снижение рисков, вызываемых данными причинами. Наиболее эффективными будут те мероприятия, реализация которых позволяет получить наименьшее отношение затрат на их реализацию к величине снижения риска.

Рассмотрим причины возникновения аварий:

– *Грозовое перенапряжение*

Из наших исследований аварийных отключений воздушной линии 110 кВ Парабель-Лугинецкая можно предположить, что большое количество аварийных отключений воздушных линий по причине атмосферных явлений. Для новых конструкций предполагается пересмотр расположения на климатических картах линии электропередачи, а существующая должна пройти через процесс укрепления износивших компонентов, в этом случае решение удовлетворяет ресурсным ограничениям, связанным с капитальным ремонтом.

– *Действие птиц*

Для данной проблемы лучшим решением является - полимерные колпачки. Они являются отличной защитой изоляторов воздушных линий электропередачи 110 кВ от птичьего отхода, красок, атмосферных осадков и механических воздействий. Защитный колпачок в форме широкого конуса, изготовленного из композитных материалов. Данная конструкция увеличивает срок службы подвесного изолятора, и предотвращает аварийные отключения электроэнергии за счет снижения риска коротких замыканий [12].

Рекомендуется использовать пассивную защитную конструкцию в виде искусственного барьера для создания физического барьера для птиц, которые не смогут вместится в зоне изолятора на конструкциях опоры электропередачи 110 кВ. К дополнению рекомендовано использовать искусственную барьерную конструкцию из композитного диэлектрика (полимера, стекловолокна и т.д.) .

Для препятствования гнездования птиц в наиболее хрупких частях конструкции опоры линии электропередачи 110 кВ, рекомендовано установить металлическую сетку, состоящую из горизонтальных поперечных сечений, над изоляционной гирляндой для защиты контура. Установленное сетчатое ограждение должно препятствовать проникновению средних и крупных птиц в несущую конструкцию, а диаметр защитного сетчатого узла не должен превышать 50 мм. Использование более прочной, окрашенной или оцинкованной металлической сетки приведет к лучшей защите. Защита верхней части горизонтального провода, расположенного над изоляционной гирляндой, осуществляется с помощью искусственного барьера.

Принимая во внимание предлагаемые меры, и основываясь на концепции обеспечения надежности электроэнергетики, выделяются список планов по формулированию конкретных вопросов и областей для обеспечения надежности [8]:

– разработка системы мониторинга и прогнозирования надежности для электроэнергетики;

- разработка отраслевых правил и национальные системы стандартов для обеспечения надежности;
- разработка систем и конкретных значений нормализованного индекса надежности;
- разработка систем механизмов для обеспечения соблюдения условий надежности в рыночных условиях, от производства до потребления по всей технологической цепочке;

В электроэнергетике важно разработать и внедрить "дорожную карту" для обеспечения надежности.

Она представляет собой гибкую прогностическую модель.

Реализация мер включает в себя три этапа:

1. Чрезвычайные меры (1-3 лет). Обеспечить надежность, преодолевая критические опасные ситуации .

2. Среднесрочная деятельность (3-5 лет). Поддержание надежности на экономическом и социальном уровне, с помощью разработки новых систем .

3. Стратегическая деятельность (5-7 лет). Поддержание на приемлем уровни надежности сети во время ее эксплуатации.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Разработка НИ производится группой работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается разработка мероприятий по снижению рисков и расчет вероятности аварий, травм при эксплуатации воздушной линии электропередач.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить потенциальных потребителей результатов исследования;
2. Провести анализ конкурентных технических решений;
3. Выполнить SWOT-анализ;
4. Определить структуру работ в рамках научного исследования;
5. Выявить трудоемкость выполнения работ;
6. Выполнить график проведения научного исследования;
7. Рассчитать бюджет научно-технического исследования;

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве потенциальных потребителей результатов проведенного исследования «Определение риска эксплуатационных аварий на типовой линии электропередач» на предприятии, которые осуществляют эксплуатацию и ремонт для воздушных линий электропередач в Томской области.

Примером предприятия потребителя является компания ПАО «Томские распределительные сети», которая является региональной энергетической

компаний осуществляющая передачу и распределение электроэнергии по электрическим сетям в Томской области. Данная организация входит в группу компаний ПАО «Россети».

4.2 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.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$Б_Е$	$Б_И$	$Б_В$	$К_Е$	$К_И$	$К_В$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Удобство в эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Годовые эксплуатационные расходы	0,2	5	3	5	1	0,6	1
3.Основные конструктивные параметры	0,2	4	5	3	0,8	1	0,6
4.Простота эксплуатации	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
5.Безопасность при эксплуатационных и ремонтных работ	0,15	3	5	3	0,45	0,75	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
7. Конкурентоспособность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	**1**	**31**	**26**	**28**	**4,35**	**3,8**	**3,95**

Где $Б_Е$ – воздушные линии электропередачи;

$Б_И$– кабельные линии электропередачи;

$Б_В$– магистральные воздушные линии напряжением 220,330,500 кВ.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$К = \sum В_i \times Б_i \quad (4.1)$$

где К – конкурентоспособность вида;

$В_i$– вес критерия (в долях единицы);

$Б_i$ – балл i-го показателя.

Согласно данным, оценочной карты можно сделать вывод о том, что более эффективно использовать воздушных линии электропередач для передачи или распределения электрической энергии по проводам. Воздушная линия электропередач обладает больше техническими и экономическими преимуществом по сравнению с конкурентными разработками.

4.3 SWOT-анализ

Произведем также в данном разделе SWOT – анализ НИ, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

Сильные стороны — это факторы, которые положительно сказываются на развитии проекта. Сюда обычно включают все, что превращает функционирование в успешную и конкурентную работу.

Слабые стороны– это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта: тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

На первом этапе SWOT анализа в таблице 4.2 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1.Ежегодное техническое обслуживание и ремонта; С2.Автоматизация систем управления; С3.Мероприятия по повышению надежности конструкций; С4.Наличия квалифицированного персонала ;	В1. Длительный срок доставки ремонтного оборудования; В2.Приспособление зарубежного опыта к условиям Российской Федерации; В3.Использование достижений научно-технического прогресса; В4.Внедрение современного оборудования;
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1.Высокая степень износа электрических сетей; Сл2.Особенности технологии производства электроэнергии; Сл3.Ошибка действия обслуживающего персонала из-за недостаточной квалификации; Сл4.Большой срок окупаемости инвестиций;	У1. Аварии вследствие погодных катаклизмов; У2. Аварийные ситуации природного и техногенного характера; У3. Ответственность за нарушение контрактных обязательств; У4. Слабая платежноспособность потребителей;

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа

необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. 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 «-». Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 4.3.

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

		Сильные стороны				Слабые стороны			
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	0	+	+	-	+	+	-	-
	В2	+	+	+	+	-	+	-	-
	В3	-	+	+	+	-	-	+	-
	В4	+	+	+	-	-	+	-	+

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

	Сильные стороны				Слабые стороны		
Угрозы проекта		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
	У1	0	+	+	-	+	+
	У2	-	-	+	-	-	+
	У3	-	-	+	-	-	+
	У4	+	-	+	+	+	+

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей или слабых сторон и возможностей:

- В1С2С3Сл1Сл2; В2С1С2С4С3Сл2; В3С2С3С4Сл3;В4С1С2С3Сл2Сл4;

- У1С2С3Сл2Сл3; У2У3С3Сл3; У2С3Сл3; У4С1С3Сл1Сл2Сл3;

Самой большой угрозой для проекта является влияния природных стихийных воздействий.

Что касаемо слабых сторон, то для данного типа линии электропередач требуется проанализировать особенности технологии производства электроэнергии и привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечение обучения нового персонала со знаниями методов, используемых в электроэнергетике.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Ежегодные техническое обслуживание и ремонта; С2. Автоматизация систем управления; С3. Мероприятия по повышению надежности по основным элементов конструкции.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Высокая степень износа оборудования и материалов; Сл2. Особенности технологии производства электроэнергии; Сл3. Неправильные и несвоевовремнные действия обслуживающего персонала из-за недостаточной квалификации
Возможности: В1. Адаптация зарубежного опыта к условиям России; В2. Использование достижений научно-технического прогресса; В3. Использование инструментов страхования для персонала.	Разработать подходящую систему техобслуживания и ремонтов, электротехнического оборудования, обнаружения его дефектов и прогнозирования возможных аварийных отключений.	Интерес со стороны общественности может положительно повлиять на внимание инвесторов и обеспечение потребителей. Потенциал использования метода за рубежом привлечет квалицированные кадры. Предусмотреть специальную систему противоаварийных мероприятий, направленных

		на ликвидацию аварий отключение электроснабжения
Угрозы: У1. Отсутствие определённой нормативно-правовой и методологической базы; У2. Слабый развитый рынок страховых услуг в России; У3. Ответственность за нарушение контрактных обязательств; У4. Природные стихийные воздействия.	Защита оборудования электрических сетей от климатических катаклизмов и оперативное реагирование в тех случаях, когда возникает опасность их появления.	Появление более эффективных и дешевых методов негативно скажется на спросе при отсутствии материально-технической базы и квалифицированных кадров у потребителей. При отсутствии результатов поиска инвесторов существует риск нехватки финансирования для внедрения разработки. Разработать программу модернизации электроэнергетического оборудования и систем управления, при отказах из-за стихийных воздействий должна срабатывать система ликвидации последствий, обеспечивающая проведение всех необходимых ремонтно-восстановительных работ до полного восстановления режима работы сети.

4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому

виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Студент
	3	Календарное планирование работ	Руководитель Инженер
	4	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Сбор статистических данных, обработка и аналитика	Студент
	6	Разработка методики	Студент
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Студент

1.4.2 Определение трудоемкости выполнения 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, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.2)$$

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

$t_{\min i}$– минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$– максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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.

4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика 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 построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

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

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

$k_{кал}$– коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - (T_{вых} + T_{пр})}, \quad (4.5)$$

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

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

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

Коэффициент календарности для 2022 года определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - (T_{вых} + T_{пр})} = \frac{365}{365 - 118} = 1{,}48$$

Таблица 4.7 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	T_{min}, чел–дни			T_{max}, чел–дни			$T_{ожi}$, чел– дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	3	3	2	1,8	1,8	1,4	Руководитель	1,8	1,8	1,4	3	3	2
Выбор направления исследования	3	3	3	5	5	7	3,8	3,8	4,6	Студент	3,8	3,8	4,6	6	6	7
Календарное планирование работ	2	2	3	4	4	5	2,8	2,8	3,8	Студент, руководитель	2,8	2,8	3,8	4	4	6
Подбор и изучение материалов по теме	14	16	21	21	22	28	16,8	18,4	23,8	Студент	16,8	18,4	23,8	25	27	35
Сбор статистических данных,	14	18	14	21	25	21	16,8	20,8	16,8	Студент	16,8	20,8	16,8	25	31	25

обработка и аналитика																
Разработка методики	9	10	13	12	16	17	10,2	12,4	14,6	Студент	10,2	12,4	14,6	15	18	22
Оценка эффективности полученных результатов	10	12	14	12	15	17	10,8	13,2	15,8	Студент	10,8	13,2	15,8	16	20	23
Составление пояснительной записки	7	8	7	10	10	10	8,2	8,8	8,2	Студент	8,2	8,8	8,2	12	13	12
Итого Инженер:											69,4	80,2	87,6	103	119	130
Итого Руководитель:											4,6	4,6	5,2	7	7	8

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в табл. 4.8 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Таблица 4.8. Календарный план-график проведения научного исследования

№	Вид работ	Исп	$T_{кi}$, кал. дн.	Продолжительность работ											
				Февр.			Март.			Апр.			Май.		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Исп 1	3												
2	Выбор направления исследования	Исп 2	6												
3	Календарное планирование работ	Исп 1 Исп 2	4												
4	Подбор и изучение материалов по теме	Исп 2	25												
5	Сбор статистических данных, обработка и аналитика	Исп 2	25												
6	Разработка методики	Исп 2	15												
7	Оценка эффективности полученных результатов	Исп 2	16												

№	Вид работ	Исп	$T_{кi}$, кал. дн.	Продолжительность работ											
				Февр.			Март.			Апр.			Май.		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
8	Составление пояснительной записки	Исп 2	12												

Примечание: ▨ – Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (студент)

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

1. Материальные затраты.

2. Затраты на спец. оборудование

3.Основная и дополнительная ЗП.

4. Социальные отчисления.

4. Прямые затраты.

5. Накладные расходы.

4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$З_М = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^{m} Ц_i \cdot N_{расхi}\,, \qquad (4.6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м2 и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м2 и т.д.);

$k_Т$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 4.9 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ($З_м$), руб.
Бумага А4, (упаковка)	Шт.	1	1000	1000
Ручка	Шт.	10	15	150
Электроэнергия	кВт*ч	250	3,5	875
Карандаш	Шт.	2	15	30
Мультифора	Шт.	16	2	32
Интернет	М/бит	3	350	1050
Картридж	Шт.	2	900	1800
Флешка	Шт.	1	800	800
Итого, руб.	4837			

Общие материальные затраты составили 4837 руб.

4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных 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. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, ($З_м$), тыс. руб.
Персональный компьютер	Шт.	1	45	45

Программное обеспечение (Microsoft)	Шт.	1	5	5
Источник питания	Шт.	1	15	15
Итого:	65			

4.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы

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.

Основная заработная плата $З_{осн}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р, \quad (4.6)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; $T_р$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн. (см. таблица 4.7).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д}, \quad (4.7)$$

где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней (см. таблица 4.11);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дней – М = 11,2 месяца, 5-дневная рабочая неделя (руководитель);

– при отпуске в 56 раб. дней – М = 10,3 месяца, 6-дневная рабочая неделя (инженер).

Должностной оклад работника за месяц рассчитывается по формуле:

– для руководителя:

$$З_м = З_{тс} \cdot \left(1 + k_{пр} + k_д\right)k_р = 30000 \cdot (1 + 0{,}3 + 0{,}3) \cdot 1{,}3 = 62400 \text{ } руб. \quad (4.8)$$

– для инженера:

$$З_м = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д)k_р = 15000 \cdot (1 + 0{,}2 + 0{,}3) \cdot 1{,}3 = 29250 \text{ } руб. \quad (4.9)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент; $k_д$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_р$ – районный коэффициент, равен 1,3.

Таблица 4.11 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	104-14	52-14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	28-5	56-10
Действительный годовой фонд рабочего времени	214	233

Расчет основной заработной платы за время исполнения темы приведен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{тс}$, *руб*	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$, *руб*	$З_{дн}$, *руб*	$Т_р$, *раб.дн.*	$З_{осн}$, *руб*
Руководитель	30000	0,3	0,3	1,3	62400	3265,79	4,6	15022,63
Инженер	15000	0,2	0,3	1,3	29250	1293,03	69,4	89736,28
Итого:								104758,91

4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении

работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}\,, \qquad (4.11)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,12.

Для текущего проекта дополнительная заработная плата исполнителей равна: 104758,91*0,12=12571,07 руб.

4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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 формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \qquad (4.12)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	15022,63	15022,63	16982,11	1802,72	1802,72	2037,85
Инженер	89736,28	103701	113269,43	10768,35	12444,12	13592,33

Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302
Итого:	
Исполнение 1	35433,65
Исполнение 2	40157,08
Исполнение 3	44056,28

4.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$З_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{нр} \quad (4.12)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (0,16).

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$З_{накл} = (4837 + 65000 + 104758{,}91 + 12571{,}07 + 35433{,}65) \cdot 0{,}16 = 35616{,}1 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$З_{накл} = (4837 + 6500 + 118723{,}63 + 14246{,}84 + 40157{,}08) \cdot 0{,}16 = 38874{,}33 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$З_{накл} = (4837 + 65000 + 130251{,}54 + 15630{,}18 + 44056{,}28) \cdot 0{,}16 = 41564 \text{ руб.}$$

4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 4.15.

Таблица 4.15 –Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1.Материальные затраты НТИ	4837	4837	4837	Пункт 4.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	65000	65000	65000	Пункт 4.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	104758,91	118723,63	130251,54	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12571,07	14246,84	15630,18	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	35433,65	40157,08	44056,28	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	35616,1	38874,33	41564	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НТИ	258216,73	281838,88	301339	

4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (4.14)$$

где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{258216{,}73}{301339} = 0{,}86;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{281838{,}88}{301339} = 0{,}93;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{301339}{301339} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^{n} a_i \times b_i \quad (4.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	5	3	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	4

3. Безопасность	0,2	5	3	5
4. Ресурсосбережение	0,15	5	4	4
5. Надежность	0,2	5	4	5
6. Материалоемкость	0,15	3	5	3
Итого	1	4,7	3,8	4,4

$$I_{\text{р}-\text{исп1}} = 0{,}15 \cdot 5 + 0{,}15 \cdot 5 + 0{,}2 \cdot 5 + 0{,}15 \cdot 5 + 0{,}2 \cdot 5 + 0{,}15 \cdot 3 = 4{,}7;$$

$$I_{\text{р}-\text{исп2}} = 0{,}15 \cdot 3 + 0{,}15 \cdot 4 + 0{,}2 \cdot 3 + 0{,}15 \cdot 4 + 0{,}2 \cdot 4 + 0{,}15 \cdot 5 = 3{,}8;$$

$$I_{\text{р}-\text{исп3}} = 0{,}15 \cdot 5 + 0{,}15 \cdot 4 + 0{,}2 \cdot 5 + 0{,}15 \cdot 4 + 0{,}2 \cdot 5 + 0{,}15 \cdot 3 = 4{,}4.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп}i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р}-\text{исп1}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}}} = \frac{4{,}7}{0{,}86} = 5{,}55$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{\text{р}-\text{исп2}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}}} = \frac{3{,}8}{0{,}93} = 4{,}08;$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{\text{р}-\text{исп3}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}}} = \frac{4{,}4}{1} = 4{,}4.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($Э_{ср}$):

$$Э_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}} \qquad (4.15)$$

Таблица 4.17 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	0,93	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,8	4,4
Интегральный показатель эффективности	5,55	4,08	4,4

Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,735	0,793

Выводы

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является более актуальным, перспективным и ресурсоёмким, чем конкурентные разработки. Среди исследуемых методик воздушные линии электропередач обладают оптимальным соотношением по техническим и финансовым показателям, гарантирующим пользователям качественное, быстрое и точное достижение результатов, что очень важно для исследуемой темы. В ходе SWOT анализа определены возможные направления развития разработки, а также сдерживающие факторы и уязвимости.

В ходе планирования научно-исследовательских работ был разработан график реализации этапов работ исследования, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей: длительность календарных дней для выполнения работ инженером равна 103 дням, а научным руководителем – 7 календарных дней. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан бюджет проекта, составляющий 301339 руб.

Значение интегрального показателя эффективности НИР, равное 5,55, превышает показатели конкурентных разработок, и доказывает, что методика, рассматриваемая в НИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения с точки зрения финансового интегрального показателя (равного 0,86) и показателя ресурсоэффективности проекта (равного 4,7), что доказывает ранее высказанное предположение об оптимальности данного метода для потребителя по соотношению цена – качество.

5 Социальная ответственность

Введение

Тема выпускной квалификационной работы «Определение эксплуатационных аварий на типовой линии электропередач», в данном разделе будет рассмотрено вредные и опасные производственные факторы, действующие на электромонтера на подстанции, а также будет рассмотрено безопасность в чрезвычайных ситуациях и экологическая безопасность.

В процессе любой трудовой деятельности, каждый человек, вовлечённый в эту деятельность, подвергается воздействию целого комплекса производственных факторов. В свою очередь, эти факторы способны влиять на здоровье человека. Совокупность всех факторов, влияющих на здоровье человека, называется условиями труда. Реальные условия труда характеризуются различными вредными и опасными факторами. Зачастую, между опасными и вредными факторами не существует чёткой границы, каждый фактор может рано или поздно привести к потере здоровья или к несчастному случаю.

Электромонтер выполняет работы по монтажу, эксплуатации и ремонту электрооборудования и электрических цепей, как на открытом воздухе, так и в закрытом помещении. Профессия относится к категории IIб по уровню энергозатрат, поскольку связана с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и умеренными физическими нагрузками [31].

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно ТК РФ, ст. 212 [17] работодатель обязан обеспечить безопасные условия и охрану труда, а электромонтер имеет право на:

– соответствующее требованиям охраны труда рабочее место;

– получение информации об условиях и охране труда на рабочем месте, о риске повреждения здоровья, предоставляемых гарантиях, полагающихся компенсациях;

– обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, и оказанию первой помощи пострадавшим;

– санитарно-бытовое обслуживание и медицинское обеспечение в соответствии с требованиями охраны труда, а также доставку в медицинскую организацию в случае необходимости оказания ему неотложной медицинской помощи;

– обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Согласно статье 100 ТК РФ режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, рабочая неделя с предоставлением выходных дней по скользящему графику, неполная рабочая неделя). При этом оплата и нормирование труда осуществляется в соответствии с разделом IV ТК РФ, в котором отражены государственные гарантии по оплате труда работников, формы и минимальный размер оплаты труда, установление заработной платы, указаны нормы труда и установлено обеспечение нормальных условий работы для выполнения норм выработки.

Согласно статье 57 ТК РФ в случае, если характер работы предусматривает наличие вредных или опасных условий труда, то в трудовом договоре обязательно должны быть указаны следующие сведения о специальности с указанием квалификации, конкретный вид поручаемой работы. При этом если с выполнением работ связано предоставление компенсаций и льгот или наличие ограничений, то их наименования должны соответствовать наименованиям, указанным в квалификационных справочниках.

– режим рабочего времени, если он отличается от общих правил, установленных у данного работодателя;

– условия оплаты труда, доплаты и надбавки за опасные условия труда с указанием их характеристик.

Статья 147 ТК РФ устанавливает, что оплата труда работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере по сравнению с тарифными ставками, установленными для различных видов работ с нормальными условиями труда, но не ниже размеров, установленных трудовым законодательством.

Рабочее место электромонтера по ремонту оборудования должно быть оснащено:

– трансформаторным устройством, позволяющим изменить подаваемое напряжение;

– возможностью включения/ выключения дополнительного точечного освещения;

– розеткой на 12, 24 или 36 В;

– набором инструментов, необходимых для производства диагностики и ремонта.

5.2 Производственная безопасность

Таблица 5.1 - Перечень опасных и вредных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Электрический ток;	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [18]
Короткое замыкание;	ГОСТ Р 52736-2007 Короткие замыкания в электроустановках [19]
Статическое электричество;	ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие

	требования [20]
Действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение рабочего;	ГОСТ Р 12.3.050-2017 ССБТ. Строительство. Работы на высоте [21]
Акустический шум	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [22]
Освещенность;	СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования [23]
Вибрация;	ГОСТ 12.1.012-2004 Вибрационная безопасность. Общие требования [24]
Электромагнитное излучение;	ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты [25]
Умственное переутомление , эмоциональное переутомление , монотонность труда , динамические перегрузки , статические физические нагрузки;	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [26]

-*Акустический шум*

Источником шума является коронный разряд, возникающий на проводах ВЛ. Величина шума зависит от погодных условий, а также от геометрических размеров и напряжения ВЛ. Коронный разряд – это самостоятельный разряд, возникающий в резко неоднородных полях, в которых ионизационные процессы могут происходить только в узле области вблизи электродов. К такого рода полям относится и электрическое поле проводов ЛЭП. 107 Согласно [22] уровни звукового давления на подстанции не должны превышать 80дБА

Для защиты от шума используют различные методы и средства защиты, они могут быть коллективными и индивидуальными. К коллективной защите

относятся следующие методы и средства: изменение направленности излучения шума, рациональную планировку предприятий и производственных помещений, акустическую обработку помещений, применение звукоизоляции. Индивидуальная защита включает использование противошумных вкладышей, наушников, шлемов и касок, специальных костюмов.

-*Работа на высоте*

К работам на высоте относятся работы, при которых:

– существуют риски, связанные с возможным падением работника с высоты 1,8 м и более,

– существуют риски, связанные с возможным падением работника с высоты менее 1,8 м, если работа проводится над машинами или механизмами, поверхностью жидкости или сыпучих мелкодисперсных материалов, выступающими предметами.

Работодатель, исходя из специфики своей деятельности и характеристик объекта, обязан в рамках процедуры управления профессиональными рисками системы управления охраной труда провести оценку профессиональных рисков, связанных с возможным падением работника с высоты в соответствии с классификацией работ на высоте,

Работы, отнесенные работодателем к работам на высоте, должны быть учтены в локальных документах СУОТ. Работодатель для обеспечения безопасности работников должен по возможности исключить работы на высоте.

При невозможности исключения работ на высоте работодатель должен обеспечить реализацию мер СУОТ по снижению установленных уровней профессиональных рисков, связанных с возможным падением работника, в том числе путем использования следующих инженерных (технических) методов ограничения риска воздействия на работников идентифицированных опасностей:

а) применение защитных ограждений высотой 1,1 м и более, обеспечивающих безопасность работника от падения на площадках и рабочих местах;

б) применение инвентарных конструкций лесов, подмостей, устройств и средств подмащивания, применением подъемников (вышек), строительных фасадных подъемников, подвесных лесов, люлек, машин или механизмов;

в) использование средств коллективной и индивидуальной защиты.

Работы с высоким риском падения работника с высоты, а также работы на высоте без применения средств подмащивания, выполняются по заданию работодателя на производство работ с выдачей оформленного на специальном бланке наряда-допуска на производство работ.

-*Электромагнитное излучение*

Источниками электрических и магнитных полей промышленной частоты является ЛЭП до 1150 кВ, открытые распределительные устройства, включающие коммутационные аппараты устройства защиты и автоматики, а также измерительные приборы. Длительное воздействие таких полей на человека приводит к ухудшению здоровья. Оценка электромагнитных полей промышленной частоты осуществляется раздельно по напряженности электрического поля, напряженности магнитного поля. Нормирование электромагнитных полей 50 Гц на рабочих местах на рабочих местах персонала в зависимости от времени пребывания. Нормы на предельно допустимые напряженности электрического поля на промышленной частоте для персонала установлены в [25]:

– $E \geq 25$ кВ/м – пребывание в электрическом поле без средств защиты не допускается;

– $20<E\leq 20$ кВ/м допустимое время пребывания в электрическом поле;

– $E\leq 5$ кВ/м – пребывание в электрическом поле допускается в течение полного рабочего дня.

-*Освещение*

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств,

предназначенных для работы. На рабочем месте электромонтера освещение нормируется согласно таблице 5.5 [23].

Таблица 5.5 − Нормы освещённости на рабочем месте при искусственном общем освещении

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение
					Освещенность, лк
					При системе общего освещения
Малой точности	Св. 1,5 До 5	V	Средний	Средний	200

Искусственное освещение на рабочем месте электромонтера осуществляется с помощью электрических источников света, люминесцентными лампами

-*Электрический ток*

Деятельность электромонтера сопряжена с ремонтом и обслуживанием электроустановок, большая часть из которых находится под напряжением. Согласно ПУЭ рабочее место электромонтера классифицируется как помещение с повышенной опасностью поражения электрическим током характеризуется наличием условий, создающих повышенную опасность [34]: токопроводящая пыль; токопроводящие полы.

Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи для человека устанавливаются ГОСТ 12.1.038-82 [28] при аварийном режиме работы электроустановок постоянного тока частотой 50 и 400 Гц. Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока — 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц соответственно - 2 В и 0,4 мА; для постоянного тока — 8 В и 1 м (не более 10 мин в сутки).

Перед началом и во время работы в электроустановках, необходимо проводить организационные и технические мероприятия. К организационным мероприятиям относится выдача нарядов, распоряжений и допуска к работе, надзор во время работы, оформление перерывов в работе, переводов на другое рабочее место и окончание работы. Технические мероприятия делятся на коллективные и индивидуальные. К коллективным способам и средствам защиты относятся: отключение напряжения и принятие мер, препятствующих ошибочному или самопроизвольному включению коммутационной аппаратуры, проверку отсутствия напряжения, изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, наложение заземлений, вывешивание запрещающих, предупреждающих и предписывающих плакатов.

Поражение электрическим током возможно только при условии несоблюдения техники безопасности или неисправности самой установки. Для предотвращения поражения электрическим током должны регулярно проводиться инструктажи по технике безопасности, а также проводиться своевременное техническое обслуживание установки.

-Короткое замыкание

Короткое замыкание (КЗ) - такой аварийный режим в электроустановке, при котором происходит соединение разноименных проводников, находящихся 62 под напряжением, через очень малое сопротивление, не предусмотренное режимом работы данной электросети, оборудования или аппарата. КЗ является одной из основных причин возникновения пожаров в электроустановках.

Для предотвращения КЗ:

– все узлы одного персонального компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование питается от одной фазы электросети;

– корпуса системного блока и внешних устройств заземлены радиально с одной общей точкой;

– при отключении компьютерного оборудования используется отдельный пункт с автоматами и общим рубильником;

– все соединения ПЭВМ и внешнего оборудования должны проводиться при отключенном электропитании.

– *Психофизические факторы*

К психофизиологическим факторам можно отнести: физические перегрузки, умственное переутомление, эмоциональное переутомление, монотонность труда. По окончании рабочего дня зачастую операторы испытывают такие ощущения, как: головная боль, тянущие боли в мышцах шеи, рук и спины, снижение концентрации внимания. Для предотвращения данных факторов в течение всей рабочей смены следует соблюдать установленный администрацией режим труда и отдыха.

– *Вибрация*

Источник вибрации – механическое колебание твердых тел. Систематическое воздействие локальной вибрации приводит к вибрационной болезни, которая характеризуется нарушениями физиологических функций организма, связанными с поражением центральной нервной системы. Нормируемый диапазон частот: для локальной вибрации - в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

Для защиты от вибрации предусматриваются: обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты виброизолирующие материалы под оборудование.

– *Статическое электричество*

Статическое электричество возникает в процессе появления зарядов на проводниках, поверхностях различных предметов. Появляются они в результате трения, возникающего при соприкосновении предметов. Чтобы избежать неблагоприятного воздействия этого явления, разработан государственный стандарт показателя напряженности электростатических полей. Его максимально допустимый уровень 60 кВ/м в час.

Средства защиты от повышенного уровня статического электричества включают: заземляющие устройства, нейтрализаторы, увлажняющие устройства, экранизирующие устройства.

- *Аномальные климатические параметры воздушной среды на местонахождении работающего*

При проведении полевых работ на открытом воздухе работники могут быть подвергнуты аномально высоким или аномально низким температурам, вследствие чего могут получить тепловой или солнечный удар, переохлаждение.

Для защиты от данного фактора требуется соблюдать следующие меры:

- защита от воздействия повышенных температур окружающей среды: ношение головного убора, соблюдение питьевого режима, корректировка рабочего времени (отдых в самые жаркие часы);

- защита от воздействия пониженных температур окружающей среды: подбор спецодежды с учетом пониженных температур согласно постановлению Минтруда РФ от 31.12.1997 N 70, наличие места обогрева. Режим работы в холодное время года в зависимости от температуры и скорости ветра регламентируется МР 2.2.7.2129-06.

При соблюдении вышеописанных мер негативное влияние данного фактора будет сведено к минимуму.

5.3. Экологическая безопасность

В целях защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи (ВЛ), устанавливаются санитарно-защитные зоны. Санитарно-защитной зоной ВЛ является территория вдоль трассы высоковольтной линии, в которой напряженность электрического поля превышает 1 В/м.

Охранная зона воздушной линии электропередачи – это зона вдоль линии в виде земельного участка и воздушного пространства, ограниченная вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних

проводов на расстоянии для воздушной линии электропередачи: до 1 кВ – 2 м; 6 –10 кВ – 10 м; 35 кВ – 15 м; 110 кВ – 20 м.

В охранных зонах запрещается осуществлять любые действия, которые могут нарушить безопасную работу объектов электросетевого хозяйства, в том числе привести к их повреждению или уничтожению, повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан и имуществу физических или юридических лиц, а также повлечь нанесение экологического ущерба и возникновение пожаров.

Воздушные линии электропередачи в нормальном режиме эксплуатации слабо загрязняют окружающую природную среду. По специфическому воздействию на экологию электрические сети можно отнести к «мягко» влияющим производствам. Загрязнение водной, воздушной среды и почвы, как правило, происходит лишь во время строительства и частично при ремонтных работах. К специфическим воздействиям ВЛ относятся: электромагнитные поля, акустический шум, озон, окислы азота, электропоражение птиц, садящихся на провода, изоляторы и конструкции опор.

Для устранения опасности нанесения вреда экологии при попадании масла в грунте под трансформаторами предусматриваются масло сборные приямки, расположенные на территории подстанции, размером под объем масла трансформатора с использованием гравия. Отвод масла и атмосферных вод из маслоприемника предусматривается в маслоуловитель через специальную канализацию. Отработанные нефтесодержащие жидкости собираются в герметичную емкость, установленную на площадке. Оборудование, у которого закончился срок эксплуатации или которое вышло из строя в дальнейшим отправляется на переработку.

Эксплуатация электрических сетей не оказывает негативное воздействие на состояние гидросферы, поскольку не сопровождается выделением вредных отработанных жидкостей. На гидросферу могут незначительно повлиять при сбросе сточных вод в реки, пруды, продукты жизнедеятельности персонала.

5.4. Чрезвычайные ситуации

Под чрезвычайной ситуацией понимают обстановку на определенной территории, которая сложилась в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия. Возможные чрезвычайные ситуации: аварии на электроэнергетическом оборудовании подстанции; пожары на подстанции. Пожарная опасность на проектируемой подстанции обуславливается, наличием маслонаполненного оборудования. Категория подстанции по пожарной безопасности относится к В1, потому что характеристика веществ и материалов, находящихся на подстанции относится к горючей жидкости, которая способна гореть после удаления источника и имеющая температуру вспышки выше 61 ℃ [27]. Пожарная безопасность обеспечивается за счёт применения комплекса организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращения пожара, ограничение его распространения, а также создания условий для успешного тушения. На подстанции предусмотрены первичные средства пожаротушения, которые используются для локализации и ликвидации небольших органов возгорания, а также пожаров в их начальной стадии развития. Тушения пожара производится пожарными машинами. Нормативный перечень средств пожаротушения на подстанции [27]:

- огнетушитель углекислый ручной ОУ-2;
- огнетушитель воздушно-пенный ОВПС-250А;
- ящик с песком, лопата;
- войлок, асбест.

Для предотвращения распространения пожара необходима противопожарная полоса вокруг подстанции шириной 50 м. Для ликвидации последствий может привлекаться персонал подстанции и пожарная служба.

Выводы

Помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 [28] относится к категории Г (умеренная пожароопасность). Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 [29] является IIБ.

Данный объект относится к IV категории объекта, оказывающего минимальное негативное воздействие на окружающую среду.

Электромонтеру присваивается квалификационная группа по электробезопасности не ниже IV. Его класс условий труда соответствует 2.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы получили результаты анализа аварийных отключений и их причин ВЛ-110 кВ Парабель – Лугеницкая с отпайками и рекомендовали перспективные пути снижения риска возникновения аварий на ЛЭП-110 кВ.

В данной работе рассчитали вероятность возникновение аварии при эксплуатации ВЛ-110 кВ и определили ущерб от основных причин аварийных отключений. По этим данным рассчитали риски аварий и разработали мероприятия по снижению риска.

По итогам данной квалификационной работы можно сделать выводы, что основными причинами ВЛ-110 кВ являются грозовые перенапряжения и перекрытие изоляции. Однако, это не значит, что в первую очередь необходимо выполнять мероприятия, направленные на снижение рисков, вызываемых данными причинами. Наиболее эффективными будут те мероприятия, реализация которых позволяет получить наименьшее отношение затрат на их реализацию к величине снижения риска.

Были предложены следующие мероприятия по снижению риска аварий:

При грозовом напряжении для новых конструкций предполагается пересмотр расположения на климатических картах линии электропередачи, а существующая должна пройти через процесс укрепления износивших компонентов, в этом случае решение удовлетворяет ресурсным ограничениям, связанным с капитальным ремонтом.

Для защиты от действия птиц рекомендуется применять полимерные колпачки, которые являются отличной защитой изоляторов воздушных линий электропередачи 110 кВ от птичьего отхода, красок, атмосферных осадков и механических воздействий.

Таким образом, в выпускной квалификационной работе были решены все сформулированные задачи и достигнута поставленная цель.

Список литературы

1. Васильева, Т. Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 152 с.: ил.

2. Воропай, Н. И. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике [текст]: / Н. И. Воропай, Г. Ф. Ковалёв, Ю. Н. Кучеров. – М.: ООО ИД «ЭНЕРГИЯ», 2013. – 212с.

3. Дулесова, Н. В. Анализ состояния линий электропередач 110 кВ на основе меры неопределенности информации / Н. В. Дулесова, П. А. Братилова. // Актуальные вопросы научных исследований [Текст]: сборник научных трудов по материалам IX Международной научно – практической конференции г. Иваново, 15 февраля 2017 г. – Иваново: ИП Цветков А.А., 2017. – С . 19 – 23/ 76 с.

4. Дулесова, Н. В. Анализ причин непреднамеренных отключений ВЛ-220 кВ / Н. В. Дулесова, К. Е. Демчук. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика [Текст]: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно – практической конференции г. Воронеж, №2 (28) (Volume 5,issue 2) 2017 г. – ФГБОУВО «ВГЛТУ», 2017. С 102-106/153.

5. Дулесов, А. С. Логарифмическая мера информации состояния технического объекта / А. С. Дулесов, Е. В. Кабаева. // Журнал "Современные проблемы науки и образования". – 2013. – №1 (Электронный журнал); URL: www.science-education.ru/107-8210 (дата обращения: 28.01.2013).

6. Краткая характеристика развития электрических сетей и систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elektro-dox.ru/proekt/2.html.

7. Линии электропередач [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tss-spb.pro/uslugi/linii-elektroperedach.html.

8. Лучинкин, А. В. Проблемы управления режимами работы энергетических систем / А. В. Лучинкин, Ю. А. Шатова, А. А. Кривощапов. // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в

электрических системах: сб. ст. Междунар. науч.-пр. конф. - Пенза, 2012 г. - С. 37-45.

9. ПАО “ТРК” [Сайт]. – Режим доступа: http://www.mrsk-sib.ru/index.php?lang=ru19. 14.Надежность электроснабжения и качество электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_1566.html.

10. Положение ПАО “Россети” “О единой технической политике в электросетевом комплексе”.

11. Фомина В.Н. Экономика электроэнергетики: Учебник.-М.:ИУЭ ГУУ, ВИПКэнерго, ИПК-госслужбы, 2005. – 329с.

12. РД 153-34.3-20.662-98. Типовая инструкция по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 - 20 кВ с неизолированными проводами.

13. РД 34.51.501. Типовая инструкция по обмыву изоляторов ВЛ до 500 кВ включительно под напряжением непрерывной струей воды

14. СТО 34.01-2.2-025-2017 Птицезащитные устройства для воздушных линий электропередачи и открытых и распределительных устройств подстанций, ПАО “Россети”.

15. ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. - Введ. 01.07.03. - М.: Изд-во "Энас", 2004 . – 160 с.

16. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Издание НЦ ЭНАС, 2014. – 486 с.;

17. ТК РФ. Раздел X. Статья 212. Государственные нормативные требования охраны труда и национальные стандарты безопасности труда.

18. ТК РФ. Раздел IV. Глава 6. Статья 100. Режим рабочего дня.

19. СП 41-104-2000 Проектирование автономных источников теплоснабжения.

20. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

21. ГОСТ Р 52736-2007 Короткие замыкания в электроустановках.

22. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.

23. ГОСТ Р 12.3.050-2017 ССБТ. Строительство. Работы на высоте.

24. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

25. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.

26. ГОСТ 12.1.012-2004 Вибрационная безопасность. Общие требования.

27. ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты

28. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

29. Федеральный закон от 22.07.2008 года N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

30. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

31. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.