

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 аварий при монтаже и ремонте воздушной линии электропередач

УДК 614.8:621.315.17

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Давлатов Лоик Диерович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент»

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.	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	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

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
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
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1E81	Давлатов Лоик Диерович

Тема работы:

Определение риска аварий при монтаже и ремонте воздушной ЛЭП	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.01.2022 №12-30/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(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.).</i>	<i>Объектом исследования являются воздушная линия ВЛ-110 кВ расположенные в районе Северо-Васюганских нефтяных месторождений, а также самые крупные в области автономные источники электроэнергии, газотурбинные электростанции (ГТЭС) на Игольско-Таловом, Западно-Полуденном и Двуреченском месторождениях.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(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).</i>	1. Обзор литературы. 2. Постановка задачи исследования. 3. Материалы и методы исследования. 4. Результаты и обсуждение. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность. 7. Заключение и выводы.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Основная часть бакалаврской работы	Гусельников Михаил Эдуардович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна

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 ИШНКБ	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н, доцент		04.02.2022г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е81	Давлатов Лоик Диерович		04.02.2022г.

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

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	Литературный обзор	20
05.05.2022	Определение риска аварий при строительстве и ремонте ЛЭП	20
12.05.2022	Разработка мероприятий по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП	20
19.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2022	Социальная ответственность	15
07.06.2022 г.	Оформление и представление ВКР	10

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1E81	Давлатов Лоик Диерович

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	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 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:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. 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
1E81	Давлатов Лоик Диерович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1E81		Давлатов Лоик Диерович	
Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Определение риска аварий при монтаже и ремонте воздушной ЛЭП	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение —	Объект исследования: воздушная линия электропередачи - 110 кВ расположенные в районе Северо-Васюганских нефтяных месторождений Область применения: энергетика, электростанции. Рабочая зона: полевые условия. Климатическая зона: климат умеренно-континентальный. Средняя температура июля +18°C, января -19,2°C. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: ВЛ-110кВ – 628,3км (13 линий). Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: устройства для передачи и распределения электроэнергии, которые выполняются проводами, прикрепленными при помощи изоляторов и арматуры к опорам, а также стойкам или кронштейнам на зданиях и инженерных сооружениях.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: —	РД 34.40.509-903. Типовая инструкция по эксплуатации систем регенерации высокого давления энергоблоков мощностью 100-800 МВт; СТО 34.01-21.1-001-2017. Стандарт «Распределительные электрические сети напряжением 0,4-110 (150) кВ». 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.
2. Производственная безопасность при эксплуатации:	Опасные факторы при эксплуатации воздушных линий: — возможность падения рабочего с опоры; — производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий. — статическое электричество — короткое замыкание Вредные факторы: — производственные факторы, связанные с аномальными климатическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; — повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; — монотонность труда, вызывающая монотонию; — освещенность;

	– шум; – вибрации; – укусы насекомых/животных. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: диэлектрические перчатки, боты, галоши, ковры, подставки, накладки, колпаки, переносные и специальные заземления, изолирующие штанги, указатели напряжения, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: <i>шаговое напряжение территории при аварии, санитарно-защитная зона для ЛЭП с напряжением 110 кВ – 20 м, класс опасности III.</i> Воздействие на литосферу: <i>твердые отходы, которые утилизируются на специальных полигонах, путем складирования, обезвреживания и захоронения. утилизация отработавшего оборудования, батареек, аккумуляторов</i> Воздействие на гидросферу: <i>продукты жизнедеятельности персонала</i> Воздействие на атмосферу: <i>не оказывает никакого влияния на атмосферу т.к. при его работе нет ни каких выбросов.</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: – <i>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);</i> – <i>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</i> – <i>Техногенные аварии (отказ систем безопасности, пожар).</i> Наиболее типичная ЧС: <i>пожар</i>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
01.03.2022 г.	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Давлатов Лоик Диерович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 111 страниц, 7 рисунка, 27 таблиц, 37 использованных источников.

Ключевые слова: риски, надежность, эффективность, вероятность, линия электропередачи, авария, причина, анализ, монтаж, ремонт.

Объектом исследования являются воздушные линии ВЛ-110 кВ расположенные в районе Северо-Васюганских нефтяных месторождений.

Цель выпускной квалификационной работы – оценка риска аварий при монтаже и ремонте воздушной линии электропередач.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- сделан анализ литературы по исследуемому вопросу и осуществлена постановка задачи исследования;
- определены возможные причины и виды травм и аварий, вероятности и риска аварий при строительстве и ремонте воздушных линий электропередач (ЛЭП) ВЛ-110 кВ;
- разработаны мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП напряжением 110кВ.

Нормативные ссылки

МУ 34-70-177-87 Методические указания по оценке технического состояния металлических опор воздушных линий электропередачи и порталов открытых распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше.

Свод правил СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства» Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85 (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 16 декабря 2016 г. N 955/пр)

Приказ Министерства энергетики РФ от 25 октября 2017 г. N 1013 «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Правила организации технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики» (с изменениями и дополнениями)

ГОСТ 12.1.051 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранной зоне линий электропередачи напряжением свыше 1000 В. ГОСТ 27.002

ГОСТ Р 58087-2018. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электрические сети. Паспорт воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше

ГОСТ 31946- 2012 Провода самонесущие изолированные и защищенные для воздушных линий электропередачи Общие технические условия

СТО 34.01-21.1-001-2017 Распределительные электрические сети напряжением 0,4-110 кв. требования к технологическому проектированию Стандарт организации.

ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий (с Изменением N 1).

ГОСТ 27.004-85 Надежность в технике (ССНТ). Системы технологические. Термины и определения.

ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 – Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

Список сокращений

ЛЭП – линия электропередачи;

ВЛ – воздушная линия;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ЧП – чрезвычайное происшествие;

ТВС – топливно-воздушная смесь;

УВВ – ударная-воздушная волна;

ТЭК – топливно-энергетический комплекс;

ГВС – горячее водоснабжение;

КПД – коэффициент полезного действия.

ЭС – энергосистема

АТ – автотрансформатор

ПС – подстанция

ЭЭС – электроэнергетическая система

ЛЭП – линия электропередач

КЗ – короткое замыкание

Оглавление

Введение.....	15
1 Литературный обзор	17
1.1 Особенности воздушных и кабельных линий электропередач	17
1.2 Классификация и характеристики ЛЭП.....	18
1.3. Виды технического состояния ЛЭП.....	20
1.4 Монтаж воздушной ЛЭП.....	24
1.4.1 Устройство котлованов для фундаментов опор.....	24
1.4.2 Установка опор воздушных ЛЭП.....	27
1.4.3 Монтаж изоляторов воздушных ЛЭП.....	28
1.5 Причины повреждений на воздушных линиях электропередачи	34
1.6 Этапы системы планово-предупредительного ремонта оборудования .	37
2 Определение риска аварий при строительстве и ремонте ЛЭП-110 кВ	42
2.1 Объект исследования	42
2.2 Организация безопасных условий труда на ЛЭП	43
2.3 Оценка вероятности возникновения аварий при монтаже и эксплуатации воздушных ЛЭП	45
2.3.1 Причины аварий при эксплуатации ЛЭП 110 кВ	46
2.3.2 Ущерб от аварий при эксплуатации ЛЭП 110 кВ.....	49
2.3.3 Причины аварий при строительстве ЛЭП 110 кВ	51
3 Разработка мероприятий по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП 110 кВ	55
3.1 Мероприятия по снижению риска аварий, вызываемых обледенением, ураганами и несвоевременным выявлением, и устранением дефектов.....	55
3.2 Снижение вероятности повреждения ЛЭП молниями.....	58

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	62
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	62
4.2 Анализ конкурентных технических решений	64
4.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	70
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	70
4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	77
4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	78
4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	79
4.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы.....	80
4.5.4 Расчет дополнительной заработной платы.....	83
4.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды	83
4.5.6 Накладные расходы	84
4.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	85
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	86
5 Социальная ответственность	89
5. 1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	89
5. 2 Производственная безопасность	91
5. 2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	92
5.3 Экологическая безопасность при эксплуатации	100
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	104
5.5 Вывод по разделу СО.....	105
Заключение	107
Список литературы	108

Введение

Монтаж и обслуживание воздушных линий электропередач являются одними из наиболее опасных трудовых операций. Наибольшую опасность представляют работы на высоте при монтаже ЛЭП.

Повреждение кабельных и воздушных линий электропередач является одним из наиболее распространенных причин возникновения аварийных ситуаций в электроустановках. Очень часто авария на линии электропередач становится причиной возникновения более серьезных повреждений – аварии на оборудовании распределительного устройства подстанции. Поэтому обеспечение надежности энергетических систем стало ведущей проблемой современной энергетики. Связь между энергосистемой, ее элементами и внешней средой может носить вероятностный характер, поэтому надежность работы энергосистемы включает отказ (нарушение) [1].

В случае отказа отдельных элементов системы может произойти отключение участка сети, которое может привести к нарушению электроснабжения потребителей, полному и частичному прекращению питания отдельных электроприемников и отклонению напряжения от допустимых норм [14].

Актуальность выбранной темы состоит в том, что в России и мире имеется огромное число ЛЭП, а их монтаж и содержание являются источником повышенной вредности и опасности для строительного и обслуживающего персонала.

Целью данной выпускной квалификационной работы является оценка риска аварий при монтаже и ремонте воздушной линии электропередач ЛЭП – 110.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить устройство, конструкцию и принцип действия ЛЭП;
- рассмотреть этапы монтажа воздушной ЛЭП и выявить возникающие при этом вредные и опасные производственные факторы;

- оценить вероятности возникновения аварий при монтаже и эксплуатации воздушных ЛЭП. Определить величину ущерба от этих аварий;
- вычислить риски аварий при монтаже и эксплуатации воздушных ЛЭП;
- определить возможные причины и виды травм и аварий и разработать мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП напряжением 110кВ.

1 Литературный обзор

1.1 Особенности воздушных и кабельных линий электропередач

Во многих сферах человеческой деятельности применяется электричество. Чтобы доставить электрическую энергию от подстанции через тысячи километров до потребителей применяются многочисленные системы.

В подобные системы входят специальные агрегаты, которые повышают и понижают напряжение в сети. Устройства передают напряжение с соответствующими характеристиками по проводам по воздуху или специальным кабель-каналам. Все эти провода формируют линию электропередач.

Система передачи электричества от подстанции к потребителю предполагает использование различной силовой аппаратуры и коммуникаций. Провода могут пролегать в специальных каналах или крепиться к опорам при помощи изоляторов и арматуры.

Выбор того или иного способа коммуникаций зависит от условий эксплуатации. Строительство воздушной линии электропередачи обходится на 25-30% дешевле, чем обустройство канала для кабеля под землей. Однако обе разновидности монтажа линий высоковольтных проводов применяются повсеместно. При этом обязательно учитываются существующие нормы и правила при строительстве всех элементов системы.

Главной характеристикой линии электропередач является ее мощность. Именно от мощности зависят используемые устройства, тип кабеля и другая аппаратура.

Существует два основных требования при обустройстве воздушных и кабельных линий электропередач:

- все элементы системы способствуют надежной передаче электроэнергии высокой мощности на требуемое расстояние;

– линии должны быть безопасными для оборудования, людей и животных.

Существующие условия окружающей среды не должны оказывать воздействие на выполнение системой функции по передаче электрической энергии. Ураганный ветер, снег, наледь, вибрация, колебания температуры не должны нарушать работу линии электропередач. Поэтому при строительстве объекта учитываются возможные механические воздействия, климатические условия.

1.2 Классификация и характеристики ЛЭП

Различают воздушные и кабельные линии электропередачи. Воздушные линии электропередач необходимы для передачи электрической энергии на расстояние напряжения в десятки и сотни киловольт. Провода подвешиваются на опоры и высоко поднимаются над землей, в качестве изоляции используется воздух.

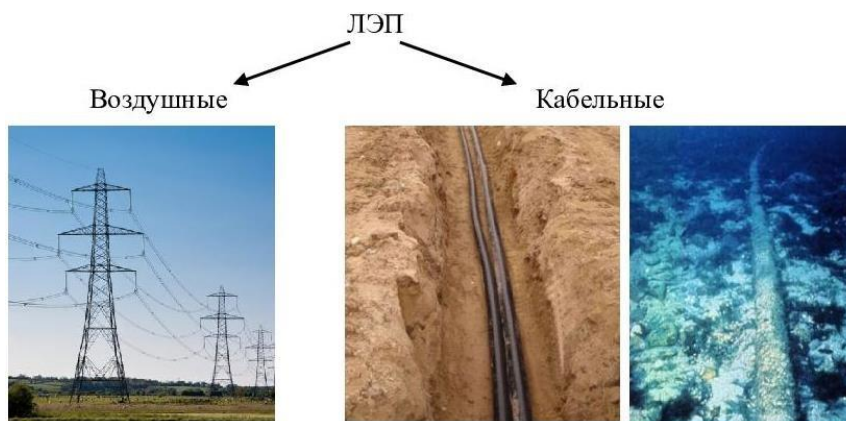


Рисунок 1 – Два основных вида ЛЭП

Линии передачи электричества, расположенные на открытом воздухе, называются воздушными и обозначают буквами «ВЛ». Проводники ВЛ проходят по воздуху. Эти элементы закрепляются при помощи специальной арматуры к опорным столбам, мостам, путепроводам. Не обязательно это высоковольтные установки.

Процесс строительства подобных объектов организовывается в соответствии с нормами правил устройства электроустановок. Это позволяет создавать надежные, безопасные в эксплуатации конструкции.

В процессе обустройства воздушной линии электропередач руководствуются строительными нормами и правилами. Заниматься подобной деятельностью могут только специальные компании, которые имеют все необходимые допуски. Персонал таких организаций должен обладать не только соответствующей квалификацией, но и достаточным опытом работы.

Существует определенная классификация, которая применяется к представленным объектам. По роду тока, протекающего в проводах, бывают линии переменного и постоянного тока. Воздушные линии электропередач отличаются показателем номинального напряжения.

Существуют следующие категории систем:

- линии переменного тока: 1150, 750, 500, 400, 330, 220, 150, 110, 35, 10, 6 кВ. Самым малым номиналом обладает линия 0,4 кВ;
- линии постоянного тока проводят электричество номиналом исключительно 400 кВ.

В зависимости от категории напряжения различают 5 классов коммуникаций. Каждая из коммуникаций отличается конструктивным исполнением, расчетными условиями эксплуатации.

Выделяют следующие разновидности:

- низший класс. По линии передается напряжение до 1 кВ.
- средний класс. Проводники передают электричество от 1 до 35 кВ.
- высокий класс. Кабель рассчитан на напряжение от 110 до 220 кВ.
- сверхвысокий класс. Линия транспортирует ток от 330 до 500 кВ.
- ультравысокий класс. Кабель способен передать электричество напряжением выше 750 кВ.

Это высоковольтные линии, которые применяются в различных сферах деятельности человечества.

В зависимости от напряжения, которое планируется передаваться по линиям и климатическим условиям рассчитывается расстояния между проводами. С ростом рабочего напряжения увеличиваются размеры и усложняются конструкции. Воздушной линией электропередачи называют устройство для передачи или распределения электроэнергии по проводам, находящимся на открытом воздухе и прикрепленным при помощи траверс, изоляторов и арматуры к опорам или инженерным сооружениям [11].

В состав ВЛ входят устройства, которые необходимы для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей и нормальной работы линии: грозозащитные тросы, разрядники, заземление, а также вспомогательное оборудование.

1.3. Виды технического состояния ЛЭП

К элементам воздушной линии относятся:

- провода для передачи электроэнергии (поз.1, рис.2);
- изоляторы (поз.2, рис.2), изолируют провода от опоры;
- линейная арматура (поз.3, рис.2) для закрепления проводов на изоляторах;
- опоры (поз.6, рис.2) поддерживают провода на определенной высоте над уровнем земли или воды (трассостройка – поз.4, траверсы опоры поз.5);
- фундаменты (поз.7, рис.2) для установки опор.

Дополнительными элементами могут быть грозозащитные тросы (поз.3, рис.2), заземления, разрядники и др.

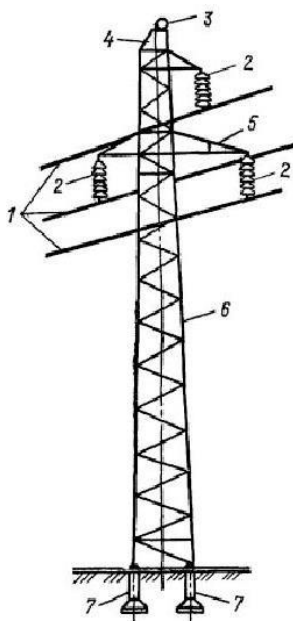


Рисунок 2 – Основные элементы воздушной ЛЭП

Каждое из перечисленных устройств незаменимо. Элементы воздушной линии выполняют определенные функции, которые увеличивают безопасность и надежность системы.

Опоры линий электропередачи являются одним из самых сложных элементов ЛЭП. При проектировании и строительстве этих сооружений необходимо принимать во внимание как климатические, так и грунтовые характеристики местности. В настоящее время производители опор стремятся к удешевлению производства и повышению прочностных характеристик изделий.

Основные виды опор представлены на рисунке 3.

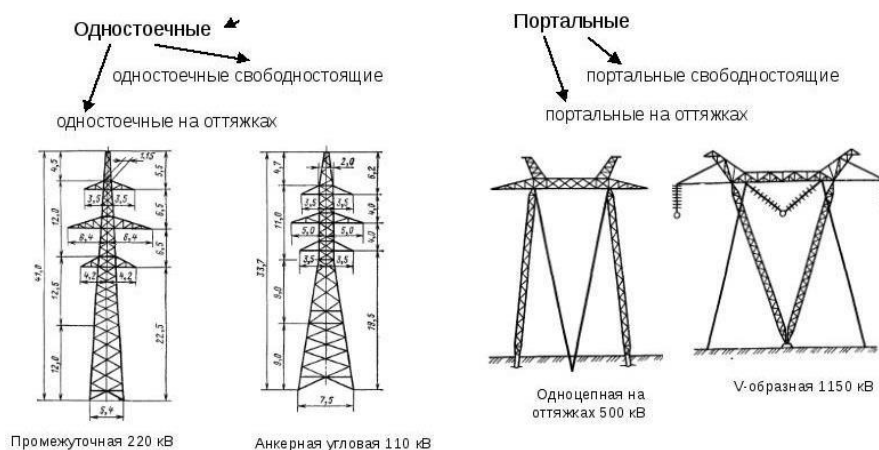


Рисунок 3 – Основные типы опор

Основные параметры ЛЭП:

- l , промежутки между стойками или опорами ЛЭП;
- d , пространство между соседними кабельными линиями;
- λ , можно расшифровать как протяженность гирлянды ЛЭП;
- H , высота стойки;
- h , самое малое разрешенное расстояние от низкой отметки кабеля до почвы.

Ниже представлена обновленная таблица линий электропередач. Более полное описание можно находить на форумах электрики.

Таблица 1 – Обновленная таблица линий электропередач

Параметры	Номинальное напряжение, кВ					
	40	115	220	380	500	700
Промежуток l , м	160-210	170-240	240-360	300-440	330-440	350-550
Пространство d , м	3,0	4,5	7,5	9,0	11,0	18,5
Протяженность гирлянды X , м	0,8-1,0	1,4-1,7	2,3-2,8	3,0-3,4	4,6-5,0	6,8-7,8
Высота стойки H , м	11-22	14-32	23-42	26-44	28-33	39-42
Параметр линии h , м	6-7	7-8	7-8	8-11	8-14	12-24
Количество кабелей в фазе	1	1	2	2	3	4-6
Объем сечений проводов, мм ²	60-185	70-240	250-400	250-400	300-500	250-700

Всякий технический объект в конкретный момент времени находится либо в работоспособном, либо в неработоспособном состоянии [23]. Работоспособность – состояние объекта, способное выполнять заданные функции, которые сохраняют значения основных параметров.

Неработоспособность – состояние объекта, которое не способно выполнять все заданные функции, сохраняющие значения основных параметров.

Основные параметры характеризуют функционирование объекта при выполнении поставленных задач и устанавливаются в нормативно-технической документации (НТД) [16].

Переход объекта из работоспособности в неработоспособность в большинстве случаев происходит по причине повреждений или отказов. Комплекс фактических состояний объекта и возникающих событий, которые способствуют переходу в новое состояние, охватывает жизненный цикл объекта, который протекает во времени и содержит определенные закономерности, которые исследуются в теории надежности. Содержащие в себе такие понятия, как повреждения, отказ и т.д [17].

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Отказ и повреждение требуют изучения таких критериев, как признаки, последствия, причины и характер. Наиболее распространенными критериями отказов являются трещины, нарушения регулировок, износ и др. Под критериями отказа понимаются признаки, позволяющие установить факт нарушения работоспособности.

Причинами отказов объектов могут быть нарушения правил и норм эксплуатации, различного рода повреждения, дефекты, допущенные при конструировании, производстве и ремонте, а также процессы естественного старения и изнашивания [25]. Характером повреждения являются конкретные изменения в объекте, связанные с возникновением отказа (обрыв провода, деформация детали и т.д.).

1.4 Монтаж воздушной ЛЭП

Основным элементом воздушной линии электропередач (ЛЭП) являются предназначенные для передачи электрической энергии провода. Они поддерживаются через изоляторы на высоте предназначенными для этого опорами. Строительные работы по сооружению ЛЭП включают в себя:

- проектирование ЛЭП;
- рытье котлованов под опоры;
- монтаж фундаментов опор;
- сборку и установку опор на фундаменты;
- монтаж изоляторов;
- навеску проводов;
- устройство защитного заземления.

Рассмотрим содержание этих работ более подробно.

1.4.1 Устройство котлованов для фундаментов опор

Перед рытьем котлованов под опоры определяют и отмечают на трассе воздушной линии места, где требуется разрабатывать грунт под котлованы. Разметку на трассе выполняют деревянными колышками. Для копки котлованов под одностоечные железобетонные опоры наличия этих деревянных колышков достаточно.

Однако установка в пробуренные котлованы опор требует для их закрепления перпендикулярно расположенных по отношению к проводам фундаментов для крепления растяжек. Эти растяжки называются траверсами опоры.

Разбивка котлованов для установки фундаментов металлических опор проводится с учетом того, что решетчатая четырехгранная металлическая

опора своей прямоугольной или квадратной базой опирается на четыре подножка, которые необходимо разместить относительно центра опоры.

Рытье котлованов под опоры ЛЭП желательно проводить механизированным способом. Котлованы под одностоечные опоры роют при помощи специальных автотамбуров и самоходных бурильно-крановых машин, а прямоугольные котлованы под решетчатые четырехгранные металлические опоры – одноковшовыми экскаваторами.

Рытье котлованов под опоры вручную производится при небольшом объеме земляных работ и в случае невозможности применения соответствующих механизмов вследствие удаленности заболоченных территорий, возможности повреждения работающими механизмами близко расположенных объектов или опасности нанесения травм.

Желательно по мере готовности котлованов сразу же в них устанавливались опоры. Совмещение работ по рытью котлованов и установке в них опор позволит снизить время нахождения котлованов открытыми. Это уменьшает осыпание стенок котлованов и позволяет избежать несчастных случаев с людьми и животными.

Глубина котлованов под опоры ВЛ определяется проектом и зависит от характера грунта, конструкции и высоты опоры, общего сечения проводов линии.

При проведении земляных работ работодатель обязан проанализировать опасности и их источники, представляющие угрозу жизни и здоровью работников при выполнении работ с размещением рабочих мест в выемках и траншеях, связанных со вскрытием грунта на глубину более 30 см при возведении объектов и сооружений всех видов.

При рытье котлованов возможно возникновение следующих опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ):

- травмирование людей работающей техникой;
- падение людей в котлованы. Для предотвращения котлованы должны быть ограждены. При ручной ройке для прохода на рабочие места в выемки

следует устанавливать трапы или маршевые лестницы шириной не менее 0,6 м с ограждениями;

– обрушение склонов котлована с возможным засыпанием работников.

При производстве работ нахождение работников в выемках с вертикальными стенками без крепления в песчаных, пылевато-глинистых и талых грунтах допускается при расположении этих выемок выше уровня грунтовых вод, при отсутствии в непосредственной близости от них подземных сооружений, а также на глубине не более:

- 1) в не слежавшихся песчаных грунтах природного сложения - 1,0 м;
- 2) в супесях - 1,25 м;
- 3) в суглинках и глинах - 1,5 м.

Допускается увеличение указанной глубины расположения выемок в мерзлых грунтах, кроме сыпучемерзлых, на величину глубины промерзания грунта, но не более чем на 2 м, при среднесуточной температуре воздуха ниже минус 2°C.

Производство работ, связанных с нахождением работников в котлованах, траншеях и выемках с откосами без креплений в нескальных грунтах выше уровня грунтовых вод допускается при глубине выемки и крутизне склона в зависимости от вида грунта, как это указано в таблице 2 [26].

Таблица – 2 Крутизна откосов в зависимости от вида грунта

N п/п	Виды грунтов	Крутизна откоса (отношение его высоты к заложению) при глубине выемки, м (не более)		
		1,5	3,0	5,0
1	Насыпные неслежавшиеся	1:0,67	1:1	1:1,25
2	Песчаные	1:0,5	1:1	1:1
3	Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
4	Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
5	Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
6	Лессовые	1:0,25	1:0,67	1:0,85

Перед допуском работников в выемки глубиной более 1,3 м работником, ответственным за обеспечение безопасного производства работ,

должны быть проверены состояние откосов, а также надежность крепления стенок выемки.

Валуны и камни, а также отслоения грунта, обнаруженные на откосах, должны быть удалены.

1.4.2 Установка опор воздушных ЛЭП

Монтаж опор это один из наиболее сложных этапов строительства воздушных ЛЭП связанный с применением средств механизации.

Способ установки опор зависит от их конструкции и фундамента, вида почвы на трассе линии, а также имеющихся механизмов и приспособлений строительной организации. Все способы монтажа опор разделяются на 3 группы:

1. Монтаж опор «вывешиванием» их в вертикальное положение с последующей установкой в котлован или на фундамент. Применяется для полностью собранных одностоечных опор небольшой массы и высоты. Для установки данным способом чаще всего применяются подъемные краны, иногда используют вертолеты. Монтаж опор вывешиванием является наиболее простым и часто используемым при сооружении ВЛ.

При установке опор с помощью кранов её поднимают краном до вертикального положения и опускают пасынками или стойками в котлован или на фундамент. Проверяют, чтобы ось опоры была строго вертикальна. Потом засыпают котлован слоями грунта толщиной 150-200 мм. Каждый слой тщательно утрамбовывают.

2. Если масса опоры больше грузоподъемности крана, а высота подъема крюка не достаточна, чтобы приподнять опору над фундаментом, то применяют установку опор подъемом из горизонтального положения в вертикальное. Данный способ применяется для полностью собранных одностоечных и порталных опор ЛЭП высокого и сверхвысокого напряжения. Для установки данным способом применяют краны, трактора,

иногда используют вертолеты. Иногда данным способом выполняют монтаж легких деревянных опор, которые устанавливают вручную без применения средств механизации.

3. Монтаж опор вертикальным наращиванием применяется для опор большой высоты или при невозможности использования метода поворота. Для установки опор данным способом применяют крановые механизмы, в том числе, ползучие краны, а также вертолеты.

Монтаж опор ВЛ наращиванием, совмещает два вида работ — сборку и установку опоры. При этом или всю опору собирают в вертикальном положении, или только верхнюю часть, а нижнюю часть (одну-две секции) собирают в горизонтальном положении и устанавливают на фундамент краном или монтажной стрелой.

1.4.3 Монтаж изоляторов воздушных ЛЭП

На трассе перед монтажом изоляторы должны быть осмотрены и отбракованы. Сопротивление фарфоровых изоляторов проверяется мегаомметром на напряжение 2500 В. Электрические испытания стеклянных изоляторов не проводятся.

На ВЛ со штыревыми изоляторами установку траверс, кронштейнов и изоляторов рекомендуется проводить до подъема опоры. Их штыревая часть должна быть строго вертикальна. Установка штыревых изоляторов с наклоном до 45° к вертикали допускается при креплении спусков к аппаратам и шлейфам опор.

Монтаж гирлянд подвесных изоляторов, как правило, проводится на установленной опоре непосредственно с траверсы опоры или с применением телескопической вышки. Поднимают гирлянду на опору с помощью бесконечного троса (каната).

1.4.4 Монтаж проводов воздушных ЛЭП

Работы по монтажу проводов ВЛ включают:

- раскатку,
- соединение,
- подъем,
- регулирование стрелы провеса,
- крепление проводов.

Раскатка проводов. Провод к месту раскатки подвозят в бухтах или барабанах. В зависимости от условий монтажа раскатку проводов проводят или с неподвижных раскаточных устройств, установленных в начале монтируемого участка ВЛ или с помощью специальных раскаточных тележек, транспортеров.

При первом способе барабаны с проводом устанавливают неподвижно на раскаточных устройствах. Раскатку провода производят с помощью тягового механизма (обычно трактор), движущегося вдоль трассы.

После прохода за промежуточную опору на расстояние 40-60 м раскатку останавливают. Провода поднимают на опору и укладывают в монтажные ролики. Затем провода раскатывают к следующей опоре и т.д.

Первый способ раскатки применяют при монтаже коротких линий. При втором способе один конец провода закрепляется в начале трассы, а барабан устанавливают на тяговую размоточную машину. Тяговый механизм перемещает тележку с барабаном по трассе, и провод плавно сходит с барабана, не волочась по грунту.

Раскатывая провод, следят за тем, чтобы в нем не образовались петли. Одновременно его осматривают для выявления дефектов: обрывов отдельных жил, больших вмятин и т.д. Если длина раскатанного провода недостаточна, к нему присоединяют провод аналогичной марки, конструкции и сечения.

Кроме описанных методов, в последнее время у нас начинают применять метод раскатки проводов «под тяжением». При раскатке под тяжением, на

опоры поднимают вспомогательный легкий канат (трос-лидер) и затем с его помощью раскатывают по роликам провода в натянутом состоянии, не опуская их на землю. Этим обеспечивается сохранность проводов.

Соединение проводов. Способ соединения проводов выбирают в зависимости от конструкции провода (одножильный, многожильный), требований, предъявляемых к механической прочности соединения, надежности электрического контакта, создаваемого в соединении, и т. д.

Соединение голых проводов производят следующими способами.

- Опрессовкой с помощью зажимов типа САС.
- Скруткой в овальном соединителе типа СОАС.
- С использованием болтового зажима (1 - соединяемый провод; 2 - болтовой зажим).
- Сварка с применением термитного патрона.

Согласно ПУЭ (2.4.14-2.4.16), соединение проводов на ВЛ до 1 кВ должно производиться при помощи соединительных зажимов или сваркой (в том числе термитной). Сварка встык однопроволочных проводов не допускается. Однопроволочные провода допускается соединять путем скрутки с последующей пайкой. Соединения, подверженные тяжению, должны иметь механическую прочность не менее 90 % предела прочности провода. Соединения проводов из разных металлов или разного сечения должны выполняться только на опорах с применением переходных зажимов. Переходные зажимы и участки проводов, на которых установлены такие зажимы, не должны испытывать механических усилий от тяжения проводов.

Регулирование стрелы провеса. Стрелой провеса называется расстояние по вертикали f от низшей точки провисания провода в пролете до прямой линии между точками крепления провода на опорах, как это показано на рисунке 4.

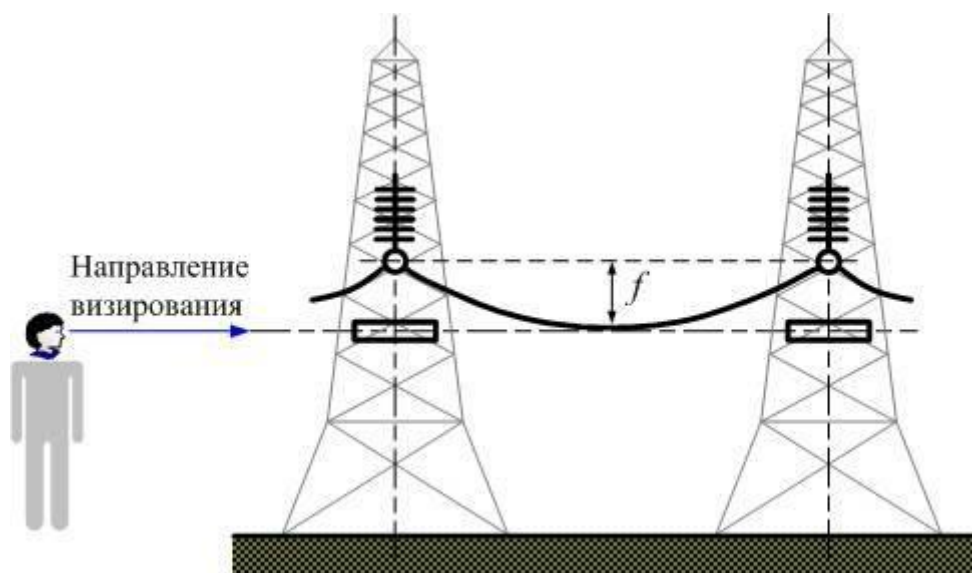


Рисунок 4– Принцип визирования стрелы провеса проводов.

При вертикальном расположении проводов на опорах стрелу провеса начинают регулировать с верхнего провода, а при горизонтальном – со среднего.

Стрела провеса проводников анкерного пролета должна иметь одну величину. Величина стрелы провеса провода ВЛ зависит от длины пролета, сечения и материала провода, расстояний между проводами, а также от температуры воздуха в момент их натяжки. Эти зависимости показаны на графиках рисунка 5. При подвесе проводов разных сечений величину стрелы принимают по проводу, имеющему наибольшее сечение.

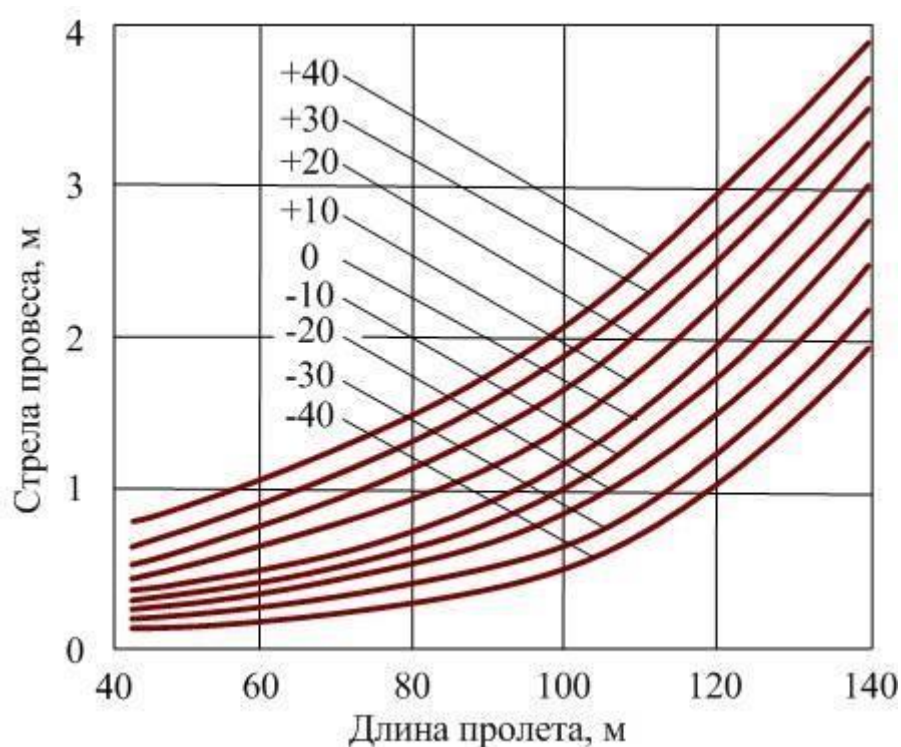


Рисунок 5— Монтажные кривые стрелы провеса проводов.

Крепление проводов. После раскатки провода и его подъема на опору провод следует надежно закрепить. В зависимости от конструктивных особенностей воздушной линии электропередачи провода могут крепиться к закрепленным на опоре изоляторам проволочными вязками или с помощью линейной арматуры.

1.4.5 Монтаж заземляющего устройства воздушных ЛЭП

Согласно ПУЭ на опорах ВЛ должны быть выполнены заземляющие устройства, предназначенные для повторного заземления, защиты от грозовых перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛ. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 30 Ом. Металлические опоры, металлические конструкции и арматура железобетонных элементов опор должны быть присоединены к PEN-проводнику. На железобетонных опорах PEN-проводник следует присоединять к арматуре железобетонных стоек и подкосов опор. Крюки и штыри деревянных опор ВЛ, а также металлических и железобетонных опор

при подвеске на них СИП с изолированным несущим проводником заземлению не подлежат, за исключением крюков и штырей на опорах, где выполнены повторные заземления и заземления для защиты от атмосферных перенапряжений.

Не допускается выполнение работ на высоте:

- в открытых местах при скорости воздушного потока (ветра) 15 м/с и более;
- при грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ, а также при гололеде с обледенелых конструкций и в случаях нарастания стенки гололеда на проводах, оборудовании, инженерных конструкциях (в том числе опорах линий электропередачи), деревьях;
- при монтаже (демонтаже) конструкций с большой парусностью при скорости ветра 10 м/с и более.

Работодатель для обеспечения безопасности работ, проводимых на высоте, должен организовать:

- а) правильный выбор и использование средств защиты;
- б) соблюдение указаний маркировки средств защиты;
- в) обслуживание и периодические проверки средств защиты, указанных в эксплуатационной документации производителя.

Организация работ на высоте с оформлением наряда-допуска

Наряд-допуск определяет:

- место производства работ на высоте;
- их содержание;
- условия проведения работ;
- время начала и окончания работ;
- состав бригады, выполняющей работы;
- ответственных лиц при выполнении этих работ.

Если работы на высоте проводятся одновременно с другими видами работ, требующими оформления наряда-допуска, то может оформляться один

наряд-допуск с обязательным включением в него сведений о производстве работ на высоте и назначением лиц, ответственных за безопасное производство работ, и обеспечением условий и порядка выполнения работ по наряду-допуску в соответствии с требованиями нормативного правового акта его утвердившего.

В исключительных случаях (предупреждение аварии, устранение угрозы жизни работников, ликвидация последствий аварий и стихийных бедствий) работы на высоте могут быть начаты без оформления наряда-допуска под руководством работников, назначаемых работодателем ответственными за безопасную организацию и проведение работ на высоте

1.5 Причины повреждений на воздушных линиях электропередачи

Причины повреждаемости воздушных линий электропередачи в основном объясняются следующими факторами:

- изменением температуры окружающей среды;
- вибрацией;
- гололедными образованиями на проводах;
- «пляской» проводов;
- действием ветра;
- перенапряжениями (атмосферными и коммутационными); – загрязнением воздуха.

Необходимо проанализировать основные характеристики факторов [20].

1. Атмосферные перенапряжения на линиях электропередач возникают в результате грозových явлений. Грозовые перенапряжения кратковременны. Кратковременные перенапряжения являются причиной возникновения пробоев изоляции и перекрытия, а иногда и ее повреждение или разрушение.

2. Перекрытие изоляции сопровождается возникновением электрической дуги, которая поддерживается и после перенапряжения, т. е.

при рабочем напряжении. Образование дуги означает короткое замыкание, поэтому надо автоматически отключать место повреждения.

3. При включении и отключении выключателей возникают коммутационные (внутренние) перенапряжения. Действие таких перенапряжений на изоляцию устройств сети аналогично с действием на изоляцию атмосферных перенапряжений. Место перекрытия так же требует незамедлительного автоматического отключения. Для сетей до 220 кВ считаются более опасными атмосферные перенапряжения. Коммутационные перенапряжения представляют опасность для сетей 330 кВ и выше.

4. Интервал изменения температуры может быть от -40 до $+40$ °С. Течения тока в проводе сопровождается его нагревом и при экономически целесообразной мощности температура провода на $2 - 5^{\circ}$ выше, чем воздуха. Понижение температуры воздуха увеличивает допустимую по нагреву температуру и ток провода.

При понижении температуры одновременно с увеличением допустимой температуры по нагреву уменьшается длина провода, что повышает механические напряжения при фиксированных точках закрепления.

Следствием повышения температуры проводов является их отжиг и снижение механической прочности. Так же при повышении температуры провода удлиняются и увеличиваются стрелы провеса. Впоследствии могут быть нарушены изоляционные расстояния и габариты воздушной линии, т. е. снижена безопасность и надежность работы воздушной линии электропередачи.

5. Действие ветра приводит к появлению давления на провода, тросы и опоры. Появляются дополнительные изгибающие усилия на опоры. Это давление может вызвать поломку и падение опор с вырыванием фундамента опоры из грунта. При этом увеличиваются тяжения проводов и тросов и механические напряжения их материала. При сильных ветрах возможны случаи одновременной поломки ряда опор линии.

6. В результате попадания капель дождя и тумана, а также снега и изморози возникают гололедные образования на проводах. Такие явления приводят к появлению значительной дополнительной механической нагрузки, а также к снижению запаса прочности проводов, тросов и опор линий электропередач.

На отдельных пролетах возможно изменение стрелы провеса проводов, сокращение изоляционных расстояний. Результатом гололедных образований являются обрывы проводов и поломки опор, сближения и схлестывания проводов с перекрытием изоляционных промежутков не только при перенапряжениях, но и при нормальном рабочем напряжении.

7. Вибрация – это колебания проводов в вертикальной плоскости с высокой частотой (5-50 Гц), малой длиной волны (2-10 м) и малой амплитудой (2-3 диаметра провода). Вибрации более подвержены провода, расположенные на открытой местности, когда равномерное движение ветра не нарушается сооружениями и рельефом. Опасностью вибрации являются «усталость» материала проводов, а также разрывы отдельных проволочек около мест закрепления провода близко к зажимам, около опор. Это приводит к ослаблению сечения проводов, а иногда и к их обрыву.

8. «Пляска» проводов – это колебания провода с малой частотой (0,2-0,4 Гц), большой длиной волны (порядка одного – двух пролетов) и большой амплитудой колебания (0,5-5 м и более). Длительность этих колебаний, как правило, невелика, но иногда достигает нескольких суток.

Пляска проводов наблюдается при сильном ветре, чаще на проводах больших сечений. Пляска приводит к схлестыванию проводов, вызывает большие динамические усилия в линейной арматуре опор и траверсах, возможны возникновения повреждений изоляторов, а также заброс гирлянд изоляторов на траверсу. Пляска проводов может быть причиной длительного выхода из работы линий электропередач. При пляске проводов сокращаются изоляционные расстояния, из-за большой амплитуды колебаний в некоторых

случаях провода схлестываются, из-за чего возможны перекрытия при рабочем напряжении линии.

9. Опасное для работы воздушных линий электропередачи – это загрязнение воздуха, которое вызвано присутствием частичек золы, цементной пыли, химических соединений (солей) и т. п. Осаждение этих частиц на влажной поверхности изоляции линии и электротехнического оборудования приводит к возникновению проводящих каналов и к «ослаблению» изоляции с возможностью ее перекрытия при перенапряжениях и при нормальном рабочем напряжении.

На повреждаемость воздушных линий электропередачи с деревянными опорами влияет загнивание их древесины. А так же раскол тела опор при прямых попаданиях молнии. Свойства грунта также влияют на надежность работы воздушных линий.

1.6 Этапы системы планово-предупредительного ремонта оборудования

Для надежной работы и бесперебойности воздушных линий электропередачи, также для предотвращения преждевременного износа и разрушения элементов линий, вследствие нарушения нормального режима работы и воздействия окружающей среды, проводят планово-предупредительный ремонт.

Он позволяет провести ряд работ, который направлен на восстановление оборудования, замену деталей. Это обеспечивает экономичную и непрерывную работу оборудования [18].

Планово-предупредительный ремонт является самым простым и надежным способом планирования ремонтных работ.

Можно определить несколько условий относительно ремонта оборудования [19]:

- благодаря выполнению необходимого количества часов планового ремонта, повторяющихся в цикле, удовлетворяется главная необходимость электрооборудования в ремонте;

- объем планово-предупредительного ремонта электрооборудования определяется необходимостью выполнения объёма работ, которые необходимы для устранения всех имеющихся дефектов, а также для обеспечения бесперебойной работы электрооборудования до следующего запланированного ремонта;

- организация планово-предупредительного ремонта и контроль основываются на обычном объеме работ, выполнение которого обеспечивает работоспособное состояние оборудования;

- нормальный объем работ определяется благодаря установленным оптимальным периодам между плановыми периодическими ремонтами;

- в период между планово-периодическими периодами необходимо проводить дополнительные осмотры и проверки электрооборудования, которые являются средством своевременного выявления дефектов и являются профилактическими мероприятиями.

От конструктивных особенностей электрооборудования, назначения, ремонтных особенностей и условий эксплуатации зависит чередование и периодичность планового ремонта электрооборудования.

Плановый ремонт начинается с подготовки. Подготовка основывается на подробное ознакомление с выявленным дефектом, выбор деталей замены используемых при ремонте. Специально создается алгоритм проведения запланированного ремонта, обеспечивающий бесперебойную работу во время ремонта. Выполнение работ по представленному подходу дает возможность без нарушения привычной работы производства осуществить полный ремонт оборудования.

Грамотно составленный график планово-предупредительных ремонтов предусматривает:

- планирование;
- подготовку электрооборудования к плановому ремонту; • проведение планового ремонта;
- проведение мероприятий, связанных с плановым техническим обслуживанием и ремонтом.

Этапы системы планово-предупредительного ремонта оборудования:

а) этап межремонтный. Выполняется без нарушения работы оборудования. Включает в себя: систематическую очистку, систематическую смазку, систематический осмотр, систематическую регулировку работы электрооборудования, замену деталей, которые обладают небольшим сроком службы, ликвидацию небольших неисправностей.

Ежедневный уход и осмотр является профилактикой. Профилактика организовывается для продления срока службы оборудования до максимума, тем самым сохраняя качественную работу и сокращение расходов на замену и ремонт.

Основные работы, выполняемые на межремонтном этапе:

- отслеживание состояния оборудования;
- проведение сотрудниками правил соответствующего использования;
- ежедневная чистка и смазка;
- своевременная ликвидация небольших поломок и регулировки механизмов.

б) этап текущий. Планово-предупредительный текущий ремонт электрооборудования начинается с остановки его работы без полного разбора электрооборудования. Планово-предупредительный текущий ремонт включает в себя устранение неисправностей, возникших во время эксплуатации. На этом этапе проводятся испытания и измерения, с помощью которых своевременно устанавливаются дефекты электрооборудования.

После выполнения работ по ремонту выносится решение о годности электрооборудования. При плановом текущем ремонте это постановление

основывается на сравнении выводов испытаний. Так же в целях устранения дефектов оборудования выполняются работы вне плана.

в) этап средний. Средний этап планово-предупредительного ремонта оборудования проводится не чаще раза в год. Этап средний проводится для полного или частичного восстановления электрооборудования. На данном этапе проводится разборка узлов, в целях просмотра, чистки механизмов, замене изношенных деталей и устранению выявленных дефектов.

Средний этап планово-предупредительного ремонта оказывает значительное влияние на поддержание электрооборудования в норме. На среднем этапе планово-предупредительного ремонта оборудования система включает в себя установку цикличности, объема и последовательности работ в соответствии с нормативно-технической документацией.

г) капитальный ремонт. Капитальный ремонт проводится путем разбора электрооборудования, с осмотром всех деталей и его полной проверки. Капитальный ремонт включает в себя испытания, ликвидацию выявленных неисправностей, измерения, на основании которых выполняется ремонт или модернизация электрооборудования. Полное восстановление параметров технических устройств происходит в результате капитального ремонта.

Проведение капитального ремонта возможно только после межремонтного этапа. Для его проведения необходимо выполнить следующее:

- провести предварительный осмотр и проверку;
- составить графики производства работ;
- подготовить инструменты и необходимые сменные запчасти;
- выполнить противопожарные мероприятия;
- подготовить документы.

Капитальный ремонт включает в себя следующие этапы:

- модернизацию каких-либо механизмов;
- замену или восстановление изношенных механизмов;

- осуществление работ, связанных с устранением небольших повреждений;

- выполнение профилактических проверок и измерений. Поломки, которые носят аварийный характер, необходимо ликвидировать незамедлительно. Остальные неисправности, выявленные в результате проверки электрооборудования, устраняются во время проведения следующего планового ремонта.

Каждый отдельный вид электрооборудования обладает своими техническими характеристиками и имеет необходимость в разной периодичности проведения планово-предупредительного ремонта, регламентирующими Правилами технической эксплуатации. Все мероприятия отражаются в документации, ведется строгий учет наличия оборудования и его состояния. Создается номенклатурный план, согласно утвержденному годовому плану, в плане указывается проведение капитальных и текущих ремонтов

2 Определение риска аварий при строительстве и ремонте ЛЭП-110 кВ

2.1 Объект исследования

Энергосистема Томской области входит в состав Объединенной энергосистемы Сибири (ОЭС Сибири). В энергосистему Томской области входит 9 электростанций суммарной установленной мощностью 1119,9 МВт. Три из них (Томская ГРЭС-2, Томская ТЭЦ-1, Томская ТЭЦ-3) принадлежат АО «Томская генерация». ТЭЦ Сибирского химического комбината принадлежит Госкорпорации «Росатом». Остальные пять электростанций относятся к объектам малой генерации промышленных предприятий: Вспомогательная котельная принадлежит ООО «Томскнефтехим», ГТЭС Игольско-Талового нмр, ГТЭС 2х6 МВт ИгольскоТалового нмр, ГТЭС Двуреченская принадлежат ОАО «Томскнефть» ВНК, Мыльджинская ГДЭС – ОАО «Томскгазпром».

Основными субъектами электроэнергетики, образующими региональную энергосистему Томской области, являются [6]:

- АО «Томская генерация»;
- Филиал ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы»
- Томское предприятие магистральных электрических сетей (далее – филиал ОАО «ФСК ЕЭС»
- Томское ПМЭС);
- ПАО «Томская распределительная компания» (далее – ПАО «ТРК»);
- ОАО «Томскнефть» восточной нефтяной компании (далее - ОАО «Томскнефть» ВНК);
- ООО «Энергонефть Томск»;
- АО «Сибирский химический комбинат» (далее – АО «СХК»);

- ООО «Электросети» ЗАТО Северск (далее - ООО «Электросети»);
- ОАО Западно-Сибирская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»;
- ПАО «Томская энергосбытовая компания» (далее - ПАО «Томскэнергосбыт»).

Объектом исследования в данной работе является воздушной линии электропередачи напряжением 110 кВ в районе Советско-Соснинского, Вахского и Малореченского месторождений Томской области. ОАО «Томскнефть» ВНК – в ведении предприятия находятся подстанции и воздушные линии напряжением 110 кВ, расположенные в районе Северо-Васюганских нефтяных месторождений, а также самые крупные в области автономные источники электроэнергии, газотурбинные электростанции (ГТЭС) на Игольско-Таловом, Западно-Полуденном и Двуреченском месторождениях. Эксплуатацию сети, принадлежащей ОАО «Томскнефть» ВНК, осуществляет ООО «Энергонефть Томск» [6].

2.2 Организация безопасных условий труда на ЛЭП

Работы на опорах воздушных линий являются опасными по условиям труда по следующим причинам:

- работа осуществляется на большой высоте;
- рабочие места меняются несколько раз в день,
- электромонтажники рассредоточены по рабочим местам вдоль воздушной линии, находясь друг от друга на расстоянии пролета между опорами, что затрудняет контроль за безопасностью их труда;
- работа связана с погодными условиями и состоянием подъездных путей.

Все электромонтажники-линейщики должны ежегодно проходить медицинское освидетельствование на выполнение верхолазных работ и подтверждать присвоенную группу по электробезопасности.

Ремонтные работы на воздушных линиях по уровню опасности разделяются на следующие категории:

- на отключенной воздушной линии;
- на воздушной линии находящейся под наведенным напряжением;
- в пролетах пересечения с действующей ВЛ;
- на ВЛ без снятия напряжения.

К работам под напряжением допускаются специально обученные и допущенные комиссией электромонтеры-линейщики высокой квалификации. Остальному персоналу электромонтажных организаций запрещается производить работы на воздушных линиях, находящихся под напряжением.

Любая работа на действующей воздушной линии производится при обязательном соблюдении следующих условий:

- на производство работы должен выдаваться наряд или распоряжение лица, уполномоченного на это;
- работа на воздушных линиях должна производиться не менее чем двумя лицами;
- до начала электромонтажных работ на воздушной линии должны быть выполнены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.

К организационным мероприятиям относятся: оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации; получение разрешения на подготовку рабочего места и на допуск бригады к работе; подготовка рабочего места и допуск к работе; надзор во время работы; оформление перерыва в работе и окончания работы.

К техническим мероприятиям относятся:

- снятие напряжения с воздушной линии и принятие мер препятствующих ошибочной или самопроизвольной подаче напряжения;
- вывешивание плакатов «Не включать — работа на линии» на ключах или приводах коммутационных аппаратов.

- проверка отсутствия напряжения, которая производится указателем напряжения.;

- заземление воздушной линии во всех распределительных устройствах.

- ограждение рабочего места.

2.3 Оценка вероятности возникновения аварий при монтаже и эксплуатации воздушных ЛЭП

В электроэнергетике аварией называют технологическое нарушение на объекте, приводящее к:

- разрушению или повреждению сооружений или технических устройств;

- отклонению от установленного технологического режима работы объектов электроэнергетики;

- полному или частичному ограничению режима потребления электрической энергии;

- возникновению или угрозе возникновения аварийного электроэнергетического режима работы энергосистемы, в том числе при потере управляемости объекта.

Аварии подразделяются на:

- аварии, расследуемые комиссиями Ростехнадзора, в результате которых произошли: разрушения основного оборудования, зданий и сооружений объектов электроэнергетики или нарушения электроснабжения потребителей электроэнергии в особо крупных объемах;

- аварии, расследуемые комиссиями собственников энергетических объектов.

Согласно данным сайта Министерства энергетики РФ протяженность воздушных ЛЭП 110кВ России составляет $l = 293,89$ тысяч километров. За 2021 год на них произошло около $n = 10784$ аварий.

Таким образом, вероятность P_A возникновения аварии может быть определена как:

$$P_A = \frac{n}{l} 100\% = \frac{10784}{293890} 100 = 3,66\% / (\text{км} \cdot \text{год}) \quad (1)$$

2.3.1 Причины аварий при эксплуатации ЛЭП 110 кВ

Согласно данным Минэнерго РФ статистика аварий на ЛЭП 110 кВ распределяется следующим образом:

- атмосферное электричество во время грозы – 29 %;
- действия животных и птиц – 15 %;
- неудовлетворительное состояние аппаратуры, отключающей сеть при ветровых нагрузках менее расчетных – 9 %;
- воздействие посторонних лиц (наброс посторонних предметов на ЛЭП – 5 %; работы в охранных зонах – 2 %; рубка леса – 2 %; проезд техники – 2 %) – 11 %;
- неблагоприятные природные явления – 17 %;
- несвоевременное выявление и устранение дефектов – 15 %;
- другие причины – 4 %.

По приведенным данным строим дерево причин аварий с указанием вероятности каждой из них.

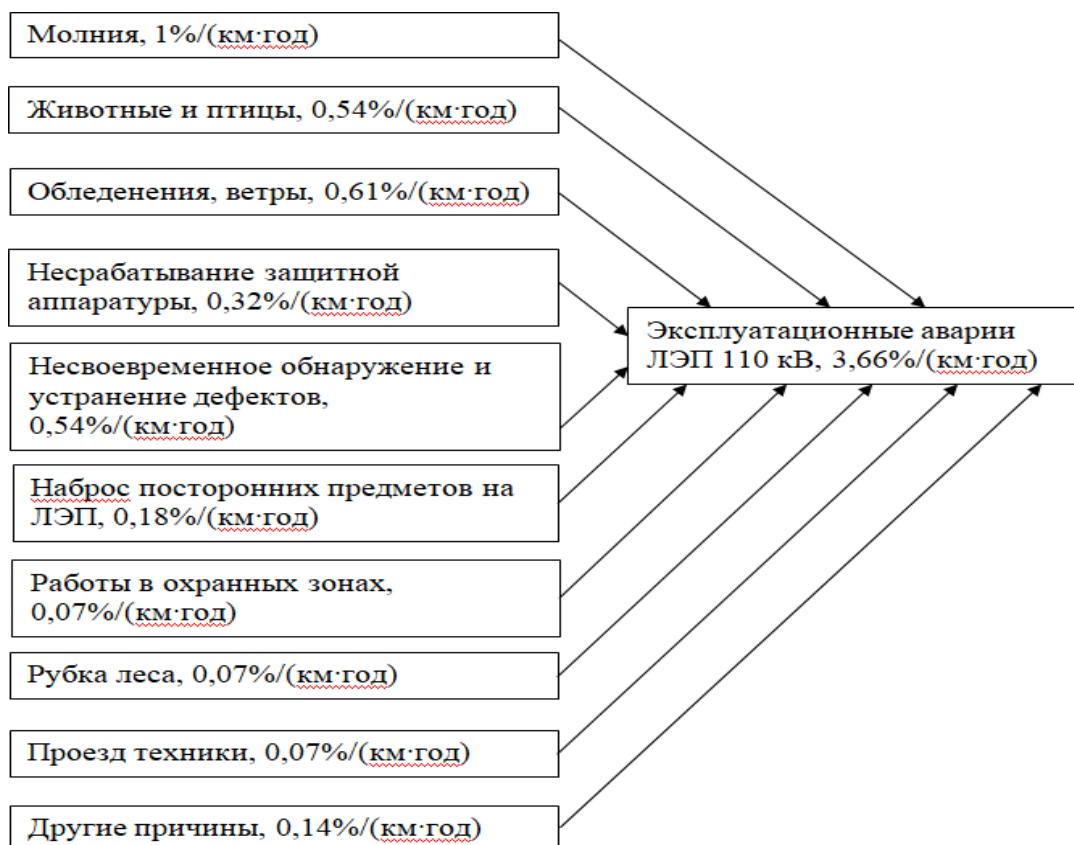


Рисунок 6 – Дерево причин аварий на ЛЭП 110 кВ

Из данных рисунка 6 видно, что наиболее вероятными причинами аварий в убывающем порядке являются: удар молнии, обледенения, ураганные ветры, воздействие животных и птиц, несвоевременное обнаружение и устранение дефектов ЛЭП.

Согласно данным Минэнерго РФ в 2020 году на электрических сетях 110 кВ произошло 11836 аварий. По данным Минтруда РФ за это же время во всех производственных авариях пострадало 20500 человек. Из них 2,5 % приходится на долю энергетического комплекса. В этом комплексе 73 % пострадали на ЛЭП.

На основании изложенных данных вычисляем число пострадавших в авариях на ЛЭП за год:

$$N_{\pi} = 20500 \cdot 0,025 \cdot 0,73 = 374 \text{ чел/год.} \quad (2)$$

Тогда число пострадавших в одной аварии определяется как:

$$N_{\text{АП}} = \frac{374}{11836} = 0,03 \text{ чел.}$$

По данным Минтруда РФ на каждую тысячу пострадавших на производстве приходится 45 погибших. Значит на одну аварию будет приходится

$$N_{AY} = 0,03 \cdot 0,045 = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{чел.}$$

Норматив численности рабочих, занятых ремонтно-эксплуатационным обслуживанием линий на тросовом подвесе - 4 чел. на 100 км линий. При этом на 25 км ЛЭП приходится один рабочий. При известной вероятности возникновения аварии за год P_{AT} на одном километре трассы можем вычислить вероятность попадания работника в аварию за год:

$$P_{AR} = 25 \cdot P_{AT} \quad (3)$$

Таблица 3 – Расчет вероятности возникновения аварии

№п/п	Вид аварии	P_{AT} , %/ (год·км)	P_{AR} , %/ (год·чел)	$N_{АПi}$, %/год	N_{AYi} , %/год
1	Удар молнии	1	25	0,75	0,0034
2	Действия животных и птиц	0,54	13,5	0,405	0,0018
3	Неблагоприятные природные явления: обледение, ветры	0,61	15,25	0,4575	0,0021
4	Неудовлетворительное состояние аппаратуры	0,32	8	0,24	0,0011
5	Несвоевременное выявление и устранение дефектов	0,54	13,5	0,405	0,0018
6	Воздействие посторонних лиц	0,18	4,5	0,135	0,0006
7	Работы в охранных	0,07	1,75	0,0525	0,00024
8	Рубка леса	0,07	1,75	0,0525	0,00024
9	Проезд техники	0,07	1,75	0,0525	0,00024
10	Другие причины	0,14	3,5	0,105	0,00047

Где:

P_{AT} - вероятности возникновения аварии за год на одном километре трассы;

P_{AR} - вероятности попадания человека в аварию за год;

$N_{\text{АПi}} = 0,03 \cdot P_{\text{AR}}$ – вероятность пострадать в аварии за год для одного человека;

$N_{\text{АУi}} = 0,000135 \cdot P_{\text{AR}}$ – вероятность погибнуть в аварии для одного человека за год.

2.3.2 Ущерб от аварий при эксплуатации ЛЭП 110 кВ

Ущерб от аварий содержит затраты на:

- стоимость материалов, использованных при ремонте C_M ;
- оплата работ ремонтного рабочего Z_p ;
- стоимость недопроизведенной продукции $C_{\text{П}}$;
- стоимость лечения пострадавшего $C_{\text{Л}}$;
- компенсация родным погибшего $K_{\text{П}}$.

При аварии чаще всего необходима замена порванных проводов одного пролета ЛЭП. Средняя длина пролета ЛЭП 110 кВ составляет 50 м. Стоимость провода АС500/336 составляет 24,54 руб/м. Тогда стоимость материалов, использованных при ремонте $C_M = 50 \cdot 24,54 = 1227$ руб.

В соответствии с нормативами ФСК «ЕЭС» среднее время устранения такой аварии с учетом времени доставки людей и оборудования к месту аварии составляет 24 часа. Устранять аварию по требованиям безопасности должны минимум 2 человека. Средняя зарплата рабочего ФСК «ЕЭС» равна 25408 рублей в месяц. В день это будет 1270 рублей. 24 часа работы двух рабочих – это 6 рабочих дней. Затраты на заработную плату – 7620 рублей. С учетом накладных расходов, налогов и прочих платежей в организации на заработную плату идет 34 % всех денежных поступлений. Поэтому затраты организации на оплату рабочих составят: $Z_p = 7620 / 0,34 = 22411$ руб.

По отказавшей ЛЭП 110 кВ передавалась электроэнергия для запитки потребителя мощностью 5 МВт. Из за аварии предприятие не смогло продать $5000 \cdot 24 = 120\,000$ кВт электроэнергии. При стоимости 1 кВт 3,5 рубля потери составят $C_{\text{П}} = 420$ тысяч рублей.

Дополнительные потери могут вызываться получением травм, заболеваний и гибелью работников. Вероятность пострадать в аварии за год для одного человека, в соответствии с таблицей 1, зависит от вида аварии. При обрыве провода из за обледенения вероятность травмы $N_{ATi} = 0,4575 \text{ \%/год}$, что составляет $0,4575 \cdot 6 \text{ смен} / 250 \text{ раб.дней в году} = 0,01 \text{ \%/аварию}$. По данным Минтруда средняя продолжительность, вызванного производственной травмой больничного составляет 46,3 дней. Это при 100% оплате больничного соответствует $C_{\text{л}} = 25408 \text{ рублей} \cdot 10^{-4} \cdot 46,3 / 30 = 3,92 \text{ рублей}$.

Вероятность же гибели $N_{Ayi} = 0,0021 \text{ \%/год}$, что составляет $0,0021 \cdot 6 \text{ смен} / 250 \text{ раб.дней в году} = 0,00005 \text{ \%/аварию}$. Согласно методикам, применяемым страховыми кампаниями, гибель человека оценивается в 6 930 000 рублей. При этом с учетом вероятности данного события ущерб можно оценить как $K_{\text{п}} = 6\,930\,000 \text{ рублей} \cdot 0,00005 \text{ \%/аварию} = 346,5 \text{ руб/аварию}$

Суммарный объем ущерба от рассмотренной аварии с порывом проводов, вызванным обледенением или ураганом, составит:

$$Y_i = C_{\text{м}} + Z_{\text{р}} + C_{\text{п}} + C_{\text{л}} + K_{\text{п}} = 1227 + 22411 + 420000 + 3,75 + 346,5 = 443988 \text{ руб.}$$

Аналогично проведен расчет ущерба для аварий, вызванных другими причинами. Результаты расчетов занесены в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчет ущерба от аварий при эксплуатации

№ п/п	Вид аварии	$C_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{р}}$, руб.	$C_{\text{п}}$, тыс. руб	$C_{\text{л}}$, руб.	$K_{\text{п}}$, руб.	Y_i , руб.
1	Удар молнии	1227	22411	420	3,92	346,5	443739,26
2	Действия животных и птиц	0	7470	140	3,81	99,7	147573,51
3	Неблагоприятные природные явления: обледение, ветры	1227	22411	420	3,92	346,5	443988,42
4	Неудовлетворительное состояние аппаратуры	89700	11206	210	2,26	91,4	310999,6
5	Несвоевременное выявление и устранение дефектов	1227	22411	420	3,81	277,2	443919,01

По данным таблиц 3 и 4 произведем расчет рисков аварий для находящегося в собственности «Томскнефть» ВНК участка одноцепной «ВЛ

110 кВ Советско-Соснинская – Вахская» воздушных линий напряжением 110 кВ. Протяженность участка 29 км.

Соответствующий различным причинам аварий риск определяется как произведение ущерба от аварии на вероятность ее возникновения. Результаты расчета представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет риска возникновения аварии

№п/п	Вид аварии	P_{AT} , %/ (год·км)	P_A , %/(год)	Y_i , руб.	R_i , руб/год
1	Удар молнии	1	29	443739,26	128684,3
2	Действия животных и птиц 8	0,54	15,66	147573,51	42796,3
3	Неблагоприятные природные явления: обледение, ветры	0,61	17,69	443988,42	128756,6
4	Неудовлетворительное состояние аппаратуры	0,32	9,28	310999,6	90189,9
5	Несвоевременное выявление и устранение дефектов	0,54	15,66	443919,01	128736,5

Анализ результатов показывает, что наибольший риск дают такие природные явления, как молнии, обледенение и ураганы. Также высок риск, вызываемый несвоевременным выявлением и устранением дефектов.

2.3.3 Причины аварий при строительстве ЛЭП 110 кВ

43 % несчастных случаев в строительстве вызваны падением с высоты, а оставшиеся 57 % происходят по прочим причинам.

Причины травматизма при строительных работах на высоте:

- 1 % – обморожение;
- 2 % – отравление;
- 3 % – падение предмета;
- 3 % – вред от 3-х лиц;
- 4 % – удар о конструкцию;

5 % – поражение электрическим током;

11 % – технический фактор;

17 % – неправильные действия;

56 % – отсутствие или неправильная страховка.

57 % аварий и несчастных случаев при строительстве происходит по

прочим причинам. К ним относятся:

23,5% – воздействие движущихся предметов и механизмов;

11,1% – падение предметов;

10,2% – воздействие экстремальных температур, физические перегрузки;

8,4 % – транспортные происшествия;

3,8% – воздействие электрического тока.

По приведенным данным строим приведенное на рисунке 7 дерево причин аварий при строительстве ЛЭП с указанием вероятности каждой из них.

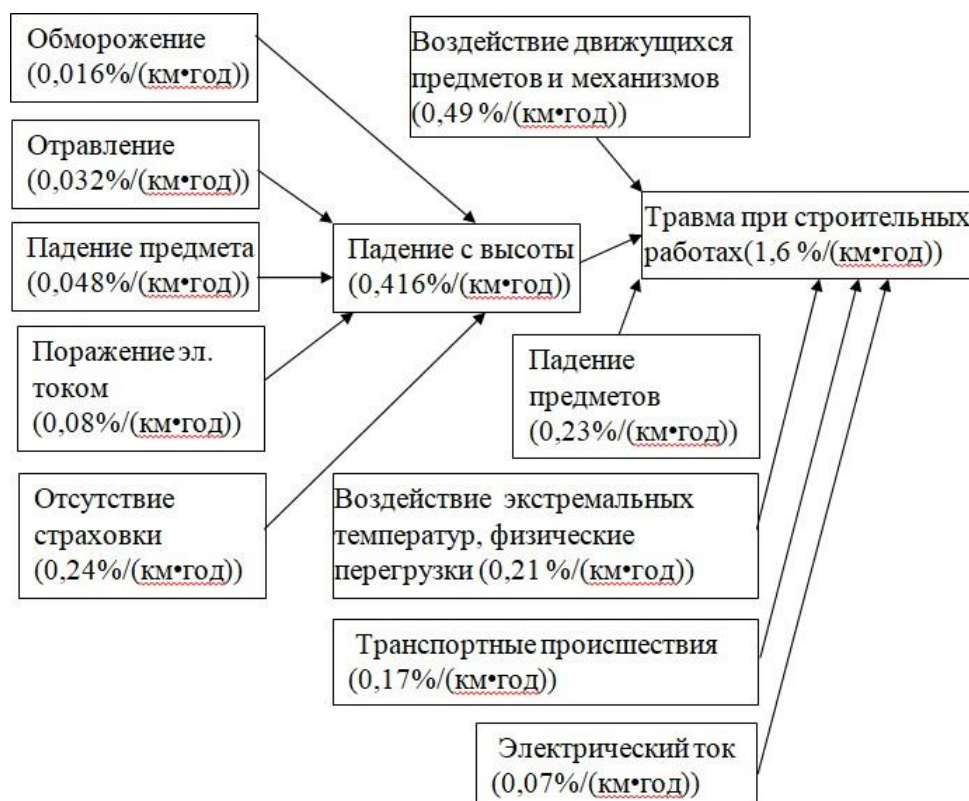


Рисунок 7 – Дерево причин аварий при строительстве ЛЭП 110 кВ

В таблице 6 приведен производственный травматизм за 2021 год по данным Минтруда.

Таблица 6 – Производственный травматизм за 2021

Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве на 1000 работающих	всего	1,1
	мужчины	1,3
	женщины	0,8
Численность погибших при несчастных случаях на производстве на 1000 работающих	всего	0,060
	мужчины	0,096
	женщины	0,010
Число человеко-дней нетрудоспособности на одного пострадавшего		46,3
Израсходовано средств на мероприятия по охране труда в расчете на 1 работающего, рублей		20476,0

Доля погибших от числа пострадавших: $d = 0,060 / 1,1 = 0,05 = 5\%$.

Перечислим основные причины тяжелых несчастных случаев в строительной отрасли: низкая организация условий работ – 32,4%; нарушение трудового распорядка – 9,7%; нарушение правил транспортного движения на рабочей площадке – 8,1%; нарушение строительного процесса – 4,6%; низкая квалификация персонала – 4,1%; нарушение оборудования рабочих мест – 3%; отсутствие или неприменение работниками средств индивидуальной защиты – 2,7%; другие причины – 35,4% [2]

Проанализировав случаи возникновения травматизма в строительной отрасли, можно сделать вывод, что травматизм на строительных площадках является актуальной проблемой, и предложить следующие меры, направленные на повышение уровня безопасности работ: применяемые на объектах машины и оборудование должны быть технически исправными и соответствовать всем необходимым требованиям; на объекте строительства и в строительной компании должна быть вся необходимая для осуществления работ документация; использование в процессе выполнения работ современных средств индивидуальной и коллективной защиты; сотрудники строительной компании, и других строительско-подрядных организаций,

выполняющие сопутствующие работы, должны быть соответствующей квалификации; своевременное и эффективное проведение обучения по охране труда; соблюдение требований безопасности на строительных площадках.

3 Разработка мероприятий по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП 110 кВ

При эксплуатации ЛЭП аварийные отключения электрооборудования вызываются многими трудно предсказуемыми факторами. К этим факторам относятся такие климатические воздействия, как обледенение проводов и ураганы, воздействие человека, животных и птиц, старение оборудования, ложные срабатывания устройств автоматической защиты и многое другое. Многие из этих факторов имеют случайный характер. Поэтому вероятность наносимого ими ущерба, которая для некоторых из приведенных факторов определена в предыдущей главе, должна быть оценена. Снижающие риск аварий мероприятия должны быть разработаны в первую очередь для тех факторов, которые обладают наибольшим риском.

3.1 Мероприятия по снижению риска аварий, вызываемых обледенением, ураганами и несвоевременным выявлением, и устранением дефектов

Из анализа аварийных отключений и их причин на рассматриваемой ВЛ-110 кВ видно, что большое число аварийных отключений ЛЭП происходит по погодным причинам в результате гроз и ураганов. Для снижения аварийности на рассматриваемой ЛЭП необходимо усилить конструкции опор и после аварийной замены устанавливать усиленные провода. Для снижения вероятности порывов проводов упавшими при урагане деревьями необходимо расчищать просеку с предусмотренной нормативными документами шириной.

Для снижения интенсивности загрязнения изоляторов рекомендуется при проведении профилактики осуществлять чистку, усиление изоляции, покрытие их поверхности гидрофобными материалами.

Также предложим мероприятия для всех видов отключения, которые были рассмотрены в данной выпускной квалификационной работе.

Для снижения вызываемого грозовыми перенапряжениями риска предлагается повысить категорию молниезащиты, при ремонтных работах усилить механическую прочность проводов и изолирующие свойства изоляторов. Также по мере выхода защитной аппаратуры из строя необходимо заменять ее на более совершенную.

Для снижения риска аварий, вызываемых птицами, необходимо установить полимерные колпаки и конструкции пассивной защиты в виде искусственных заграждений.

Для уменьшения риска, вызываемого несвоевременным выявлением и устранением дефектов, предлагаются следующие организационные мероприятия:

- разработка системы мониторинга и прогнозирования надежности в электроэнергетике;
- разработка системы отраслевых регламентов и национальных стандартов по обеспечению надежности;
- разработка системы и конкретных значений нормируемых показателей надежности и требований по надежности;
- разработка системы механизмов, обеспечивающих соблюдение условий надежности по всей технологической цепочке от генерации до потребления в условиях рынка;
- создание Совета по надежности.

Для реализации изложенных организационных мероприятий на ЛЭП 110 кВ необходимо проводить следующие ремонтно-профилактические работы:

а) этап межремонтный

Выполняется без нарушения работы оборудования.

Включает в себя:

- систематическую очистку;
- систематическую смазку;
- систематический осмотр;

- систематическую регулировку работы электрооборудования;
- замену деталей, которые обладают небольшим сроком службы;
- ликвидацию небольших неисправностей.

Ежедневный уход и осмотр является профилактикой. Профилактика организовывается для продления срока службы оборудования до максимума, тем самым сохраняя качественную работу и сокращение расходов на замену и ремонт.

б) этап текущий

Планово-предупредительный текущий ремонт электрооборудования чаще всего выполняется без разборки оборудования, только останавливается его работа. Включает в себя ликвидацию поломок, возникших в период работы. На текущем этапе проводятся измерения и испытания, с помощью которых выявляются изъяны оборудования на ранней стадии.

в) этап средний

Проводится для полного или частичного восстановления отслужившего оборудования. Включает в себя разборку узлов, предназначенную для просмотра, чистки механизмов и устранения выявленных дефектов, замены некоторых быстро изнашиваемых деталей. Осуществляется средний этап не чаще 1 раза в год.

Система на среднем этапе планово-предупредительного ремонта оборудования включает в себя установку цикличности, объема и последовательности работ в соответствии с нормативно-технической документацией. Средний этап влияет на поддержание оборудования в норме.

г) капитальный ремонт

Проводится путем вскрытия электрооборудования, его полной проверки с осмотром всех деталей. Включает в себя испытания, измерения, ликвидацию выявленных неисправностей, вследствие которых выполняется модернизация электрооборудования. В результате капитального ремонта происходит полное восстановление технических параметров устройств.

Неисправности, обнаруженные во время проверки оборудования, устраняются при последующем ремонте. А поломки, имеющие аварийный характер, ликвидируются немедленно.

3.2 Снижение вероятности повреждения ЛЭП молниями

Средством защиты от прямых ударов молнии является молниеотвод. Молниеотводом называется устройство, воспринимающее удар молнии и отводящее ее ток в землю.

Зоной защиты молниеотвода называется пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенного значения.

Зона защиты типа А обладает надежностью 99,5% и выше, а типа Б — 95 % и выше.

Наименьшей и постоянной надежностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надежность выше, чем на ее поверхности.

В общем случае в состав молниеотвода входят:

- 1) опора;
- 2) молниеприемник, непосредственно воспринимающий удар молнии;
- 3) токоотвод, по которому ток молнии передается в землю;
- 4) заземлитель, обеспечивающий растекание тока молнии в земле.

В некоторых случаях функции опоры, молниеприемника и токоотвода совмещаются, например при использовании в качестве молниеотвода металлических труб или ферм.

По типу молниеприемника молниеотводы разделяются на следующие виды:

- 1) стержневые (вертикальные);
- 2) тросовые (протяженные) — с горизонтальным расположением молниеприемника, закрепленного на двух заземленных опорах;

3) сетки – многократные горизонтальные молниеприемники, пересекающиеся под прямым углом и укладываемые на защищаемое здание.

Защита от заноса высокого потенциала по подземным металлическим коммуникациям (трубопроводам, кабелям в наружных металлических оболочках или трубах) должна осуществляться путем их присоединения на вводе в здание или сооружение к арматуре его железобетонного фундамента, а при невозможности использования последнего в качестве заземлителя — к искусственному заземлителю.

Защита от заноса высоких потенциалов по воздушным линиям электропередачи напряжением выше 1 кВ, вводимым в подстанции, размещенные в защищаемом здании (внутрицеховые или пристроенные), должна выполняться в соответствии с ПУЭ.

При проектировании грозозащиты сооружений необходимо знать интенсивность грозовой деятельности. Интенсивность грозовой деятельности характеризуется средним числом грозовых часов в году D_{Γ} . Подробная карта интенсивности грозовой деятельности для России, стран СНГ и Балтии имеется в ПУЭ. Данные об интенсивности грозовой деятельности для некоторых регионов России приведены в табл. 7.

Среднее число ударов молнии в 1 км поверхности земли за 100 грозовых часов (гр. ч) на территории России и стран СНГ принимается равным: $6,7 \cdot 100$.

Для рассматриваемой ЛЭП среднее число грозовых часов в год $D_{\Gamma} = 30$. Число ударов молнии в воздушную линию электропередачи (ВЛ) длиной 29 км при 30 гр.ч определяется соотношением:

$$n_0 = 6,7 \cdot 30 \cdot 29 \cdot h_{\text{cp}} \cdot 10^{-3} = 5,8 h_{\text{cp}} = 5,8 \cdot 50 = 290. \quad (4)$$

Таблица 7 – Среднегодовая интенсивность грозовой деятельности на территории России

Районы	Среднее число грозových часов в год
Мурманск, Нарьян-Мар, Хатанга, Верхоянск, Магадан, Сахалин, Камчатка	Менее 10
Архангельск, Салехард, Игарка, Якутск, Владивосток	10-20
Санкт-Петербург, Петрозаводск, Москва, Вологда, Сыктывкар, Киров, Оренбург, Астрахань, Ханты-Мансийск, Красноярск, Иркутск, Бодайбо, Хабаровск	20-40
Псков, Новгород, Калуга, Кострома, Арзамас, Нижний Новгород, Тамбов, Пенза, Волгоград, Ставрополь, Уфа, Екатеринбург, Тюмень, Омск, Барнаул, Чита, Благовещенск	40-60
Орел, Воронеж, Самара, Горно-Алтайск, Краснодар, Владикавказ	60-80
Курск, Белгород, Майкоп	80-100
Красная поляна, Сочи	Более 100

Для ВЛ с тросами за высоту объекта h_{cp} принимается $h_{тр. cp}$ – средняя высота подвески троса. Значения этих параметров можно определить по формулам, м:

$$h_{трср} = h_{оп} - 2/3f_{тр}, \quad (5)$$

$$h_{прср} = h_1 - 2/3f_{пр}, \quad (6)$$

где $h_{оп}=22$ м – высота опоры с учетом тросостойки, м;

$h_1= 18$ м – высота крепления на опоре верхней фазы, м;

l_g – длина гирлянды изоляторов, м;

$f_{тр}$ и $f_{пр}$ – стрела провеса троса и провода соответственно, м.

По рисунку 1.5 для наихудшего случая при наружной температуре воздуха $+40$ °С определяем стрела провеса троса и провода. Получаем $f_{тр}= f_{пр}= 1$ м. Тогда получим $h_{тр. cp}= 21$ м; $h_{пр. cp}= 17$ м.

Сопротивление заземления опор на подходе ВЛ 110 кВ и выше не должно превышать 10, 15 и 20 Ом при эквивалентном удельном сопротивлении земли в диапазоне $0 \div 100$, $101 \div 500$ и $501 \div 1000$ Ом·м. Допускается увеличение сопротивлений заземляющих устройств опор на подходах ВЛ напряжением 110 кВ и выше в 1,5 раза при числе грозových часов в году менее 20 и в 3 раза при числе грозových часов в году менее 10.

Влияние молний на число аварийных отключений ЛЭП-110 кВ отражено в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики молниезащиты ЛЭП 35 – 500 кВ

Опора	Сопротивление заземление опоры, Ом	U _{ном} , В					
		35	110	150	220	330	500
		Число грозových отключений на 100 км ВЛ 100 грозových часов					
Деревянная без тросов	-	10	8,5	1,2	-	-	-
Одноцепная металлическая с одним тросом	5	-	2	2	1,2	0,8	-
	10	-	3	3	2	1,2	-
	20	-	4,8	3	3	1,8	-
Двухцепная металлическая портальная с двумя тросами	5	-	4,3	4	3	2	-
	10	-	6	6	3,5	2,8	-
	20	-	9	-	5,5	4	-
Металлическая портальная с двумя тросами	5	-	-	-	0,5	0,12	0,1
	10	-	-	-	0,8	0,2	0,15
	20	-	-	-	12	0,7	0,5

В нашем случае имеем ЛЭП 110 кВ одноцепную металлическую с одним тросом. Предлагается снизить сопротивление заземления в 2 раза путем установки дополнительных электродов. Как видно из таблицы 3.2, это позволит снизить вероятность и риск аварий, вызываемых воздействием молнии в полтора раза.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается анализ состояния воздушной ЛЭП - 110 кВ и выявление наиболее распространенных причин непреднамеренных отключений линий электропередач 110 кВ для Томской области.

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. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве потенциальных потребителей результатов проведенного исследования «Определение риска аварий при монтаже и ремонте воздушной ЛЭП» на предприятии которые осуществляют региональную энергосистемы в Томской области, где применяются воздушные линии электропередачи.

Примером предприятия потребителя является компания ОАО «Томскнефть» ВНК г. Томск.

Особенности электроэнергетики как отрасли обуславливаются спецификой ее основного продукта – электроэнергии, а также характером процессов ее производства и потребления.

Большая часть производства электроэнергии в мире осуществляется на электрических станциях трех типов:

- на тепловых электростанциях (ТЭС), где тепловая энергия, образующаяся при сжигании органического топлива (уголь, газ, а мазут, торф, сланцы и т.д.), используется для вращения турбин, приводящих в движение электрогенератор, преобразующий в электроэнергию.;

- на гидроэлектростанциях (ГЭС), где механическая энергия потока воды преобразуется в электроэнергию с помощью гидравлических турбин, вращающих электрогенераторы;

- на атомных электростанциях (АЭС), где тепловая энергия, получена при цепной ядерной реакции радиоактивных элементов в реакторе, преобразуется в электроэнергию.

Энергосистема Томской области входит в состав Объединенной энергосистемы Сибири (ОЭС Сибири). В энергосистему Томской области входит 9 электростанций суммарной установленной мощностью 1119,9 МВт. Три из них (Томская ГРЭС-2, Томская ТЭЦ-1, Томская ТЭЦ-3) принадлежат АО «Томская генерация». ТЭЦ Сибирского химического комбината принадлежит Госкорпорации «Росатом». Остальные пять электростанций относятся к объектам малой генерации промышленных предприятий: Вспомогательная котельная принадлежит ООО «Томскнефтехим», ГТЭС Игольско-Талового нмр, ГТЭС 2х6 МВт Игольско-Талового нмр, ГТЭС Двуреченская принадлежат ОАО «Томскнефть» ВНК, Мыльджинская ГДЭС – ОАО «Томскгазпром».

Основными субъектами электроэнергетики, образующими региональную энергосистему Томской области, являются:

- АО «Томская генерация»;

- Филиал ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» - Томское предприятие магистральных электрических сетей (далее – филиал ОАО «ФСК ЕЭС» - Томское ПМЭС);

- ПАО «Томская распределительная компания» (далее – ПАО «ТРК»); • ОАО «Томскнефть» восточной нефтяной компании (далее - ОАО «Томскнефть» ВНК);

- ООО «Энергонефть Томск»;

- АО «Сибирский химический комбинат» (далее – АО «СХК»);

- ООО «Электросети» ЗАТО Северск (далее - ООО «Электросети»);

- ОАО Западно-Сибирская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»;

- ПАО «Томская энергосбытовая компания» (далее - ПАО «Томскэнергосбыт») Функции диспетчерского управления объектами электроэнергетики на территории Томской области осуществляет Филиал ОАО «СО ЕЭС» Томское РДУ.

ОАО «Томскнефть» ВНК – в ведении предприятия находятся подстанции и воздушные линии напряжением 110 кВ, расположенные в районе Северо-Васюганских нефтяных месторождений, а также самые крупные в области автономные источники электроэнергии, газотурбинные электростанции (ГТЭС) на Игольско-Таловом, Западно-Полуденном и Двуреченском месторождениях. Эксплуатацию сети, принадлежащей ОАО «Томскнефть» ВНК, осуществляет ООО «Энергонефть Томск».

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 9.

Таблица 9 – 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. Конфигурации электрической сети	0,2	5	4	5	1	0,8	1
2. Годовые эксплуатационные расходы	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
3. Основные конструктивные параметры воздушной линии	0,2	4	4	3	0,8	0,8	0,6
4. Безопасность при строительстве, эксплуатации и ремонта	0,3	3	3	3	0,9	0,9	0,9
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
7. Конкурентоспособность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1	33	27	25	4,2	3,7	3,9

Где Б_Е – воздушные – передача электрического тока ведется по проводам, подвешенным на специальных опорах;

Б_И– кабельные – передача электрического тока производится посредством силовых кабелей, прокладываемых в грунте, кабельной канализации или по инженерным конструкциям другого рода;

Б_В– магистральные воздушные линии напряжением 220,330,500 кВ (предназначены для передачи энергии от электростанций, для внешнего электроснабжения крупнейших городов, а также для связи энергосистем и объединения электростанций внутри энергосистем – к примеру, соединяют электростанции с крупными узловыми подстанциями).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (7)$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По данным оценочной карты можно увидеть, что для повышения конкурентоспособности с минимальными издержками более эффективно использовать воздушных линии электропередач для передачи или распределения электрической энергии по проводам, находящимся на открытом воздухе и прикреплённым с помощью траверс (кронштейнов), изоляторов и арматуры к опорам или другим сооружениям (мостам, путепроводам).

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 10 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ.

Таблица 10 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Ежегодное техническое обслуживание и ремонта; С2. Автоматизация систем управления; С3. Мероприятия по повышению надежности по основным элементам конструкции.	В1. Адаптация зарубежного опыта к условиям России; В2. Использование достижений научно-технического прогресса; В3. Использование инструментов страхования для персонала.
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Высокая степень износа оборудования и материалов; Сл2. Особенности технологии производства электроэнергии; Сл3. Неправильные и несвоевременные действия обслуживающего персонала из-за недостаточной квалификации	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.

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. 11.

Таблица 11 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

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

Таблица 12 - Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны				Слабые стороны		
		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:

- В2С2С3Сл1Сл2; В2С1С2С3Сл2; В3С2С3Сл3.

- У1С2С3Сл2Сл3;
- У2У3С3Сл3;
- У4С1С2Сл1Сл2Сл3.

Самой большой угрозой для проекта является влияния природных стихийных воздействий.

Что касается 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 13.

Таблица 13 - 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 несвоевременные 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.	Выбрать и внедрить подходящую эффективную рациональную систему техобслуживания и ремонтов, реконструкции и модернизации электротехнического оборудования, обнаружения его дефектов и прогнозирования остаточного ресурса	Предусмотреть специальную систему противоаварийных мероприятий, направленных на локализацию аварий и скорейшую ликвидацию возникшего нарушения электроснабжения для восстановления рабочего режима

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 геомагнитных возмущений и оперативное реагирование в тех случаях, когда возникает опасность их появления.	Разработать программу модернизации и реконструкции 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 14.

Таблица 14 – 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 и выполнение литературного обзора	2	Выбор направления исследований	Студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме, литературный обзор	Студент
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Студент
Теоретические и экспериментальные исследования: описание объекта и методы исследования, выполнение расчетов и аналитики	5	Определение возможных причин и видов травм и аварий при ВЛ 110кВ	Руководитель Студент
	6	Определение стоимости ущерба, риска, вероятности аварий при ВЛ 110кВ	Студент
Обобщение и оценка результатов: результаты проведенного исследования	7	Оценка эффективности полученных результатов, обработка результатов проведенного исследования	Студент
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Студент

4.4.2 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 $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макс}}{5}, \quad (8)$$

где $t_{ожи}$ – 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_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (9)$$

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (10)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (11)$$

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

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

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

Расчет коэффициента календарности:

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

Таблица 15 – 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			$T_{ож}$, чел– дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Выбор темы ВКР	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	1	1	1	1	1	1
Составление и утверждение плана работ	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Научный руководитель	1	1	1	1	1	1
Подбор и изучение материалов по теме, литературный обзор	2	2	3	4	4	5	2,8	2,8	3,8	Студент	2	2	3	2	2	4
Выбор направления исследования	1	1	1	3	2	2	1,8	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	2	2	2	2	2	2
Календарное планирование работ	1	1	1	3	4	4	1,8	2,2	2,2	Студент, научный руководитель	2	3	3	2	3	3
Определение возможных причин и видов травм и аварий при ВЛ 110кВ	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Студент	12	12	12	18	18	18
Определение стоимости ущерба, риска, вероятности аварий при ВЛ 110кВ	12	12	12	17	17	17	14	14	14	Студент, научный руководитель	14	14	14	21	21	21
Оценка эффективности полученных	8	8	8	10	10	10	4,8	4,8	6,2	Студент	5	5	5	7	7	7

результатов, обработка результатов проведенного исследования																
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	5	5	5	5	5	5
Написание раздела «Социальная ответственность»	1	2	2	3	4	4	1,8	2,8	2,8	Студент	1	2	2	1	2	2
Оформление ВКР	5	4	6	7	7	8	5,8	5,2	6,2	Студент	5	6	7	5	8	9
Итого:														65	70	73

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.

[illegible]

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:

$$З_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} , \quad (12)$$

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.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _М), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бумага для записей и печати, формат А4, (упаковка)	Шт.	1	2	3	1000	1000	2000	3000
Ручка	Шт.	10	10	10	15	150	150	150
Электроэнергия	кВт*ч	250	300	280	3,5	875	1050	980
Итого, руб.						2025	3200	4130

Общие материальные затраты составили 2025 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 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (Зм), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	45	45	45	45
Программное обеспечение (Microsoft)	Шт.	1	1	1	5	5	5	5
Источник питания	Шт.	1	1	1	15	15	15	15
Итого:						65	65	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. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	1	1	5,1			5,1	5,1	5,1
2.	Составление и утверждение плана работ	НР	1	1	2	3,1			3,1	3,1	6,2
3.	Подбор и изучение материалов по теме, литературный обзор	Ст	2	2	3	2			4	4	6
4.	Выбор направления исследования	Ст, НР	2	2	2	5,1			10,2	10,2	10,2
5.	Календарное планирование работ	Ст, НР	2	3	3	5,1			10,2	15,3	15,3
6.	Определение возможных причин и видов травм и аварий при ВЛ 110кВ	Ст	18	18	18	2			36	36	36
7.	Определение стоимости ущерба, риска, вероятности аварий при ВЛ 110кВ	Ст, НР	21	21	21	5,1			107,1	107,1	107,1
8.	Оценка эффективности полученных результатов, обработка результатов проведенного исследования	Ст	7	7	9	2			14	14	18

9.	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	4	5	5	2	8	10	10
10.	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	5	5	5	2	10	10	10
11	Оформление ВКР	Ст	1	2	2	2	2	4	4
12	Выбор темы ВКР	Ст	5	6	7	2	10	12	14
Итого							219,7	230,8	241,9

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (13)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12–20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \quad (14)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} \quad (15)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5–дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	72 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (16)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $З_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $Тс_1 = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

Тарифный коэффициент для НР = 1,866; для С = 1,407.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	к _т	З _{тс} , руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Исп.1										
Научный руководитель	Доцент	1,866	30000	0,3	0,4	1,3	66300	3731,45	11	41045,95
Студент	Инженер	1,407	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1872	64	119808
Итого										160853,95
Научный руководитель	Доцент	1,866	30000	0,3	0,4	1,3	66300	3731,45	12	44 777,4
Студент	Инженер	1,407	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1872	69	129168
Итого										173945,4
Научный руководитель	Доцент	1,866	30000	0,3	0,4	1,3	66300	3731,45	12	44 777,4
Студент	Инженер	1,407	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1872	72	134784
Итого										179561,4

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:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} , \quad (17)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15.

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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (18)$$

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 22.

Таблица 22 – 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	41045,95	44 777,4	44 777,4	6156,89	6 716,61	6 716,61
Студент	119808	129168	134784	17 971,2	19 375,2	20217,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого						
Исполнение 1	55 864,57					
Исполнение 2	60411,24					
Исполнение 3	62 361,67					

4.5.6 Накладные расходы

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

$$З_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{нр} \quad (19)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$З_{\text{накл}} = (1029 + 65000 + 160853,95 + 24128,09 + 55864,57) \cdot 0,16 = 49100,09 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$З_{\text{накл}} = (1204 + 65000 + 173945,4 + 26091,81 + 60411,24) \cdot 0,16 = 52264,39 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$З_{\text{накл}} = (1134 + 65000 + 179561,4 + 26934,21 + 62\,361,67) \cdot 0,16 = 53598,60 \text{ руб.}$$

К накладным расходам по вариантам исполнения в основном можно отнести следующие основные группы:

Таблица 23 – Накладные расходы

Основные группы накладных расходов	Содержание расходов
Затраты на управленческий аппарат	– заработная плата; – деньги, потраченные на обучение, аттестацию и повышение квалификации управленческого звена.
Содержание	покупка компьютеров, канцелярии, расходы на офисные потребности, в том числе и услуги связи.
Затраты, связанные с процессом организации производства:	– поддерживающий ремонт принадлежащих организации сооружений, зданий, помещений, оборудования; – затраты на транспорт, принадлежащий фирме; – выплата аренды за складские помещения и/или офис; – трата денег вследствие простоя, брака и т.п.; – деньги, которые нужно тратить на содержание основных активов.
Расходы на обслуживание персонала	– отчисления на социальный налог; – выплаты в соцстрах и другие фонды; – оборудование бытовых помещений, столовых, душевых и пр.
Издержки, не связанные с производством	– рекламные расходы; – оплата консультаций, экспертиз; – погашение коммунальных платежей и др.

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 24.

Таблица 24 –Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	1029	1204	1134	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	160853,95	173945,4	179561,4	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	24128,09	26091,81	26934,21	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	55864,57	60411,24	62361,67	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	49709,48	57140,71	63266,93	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НТИ	356 585,09	383 793,16	398 258,21	

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:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (20)$$

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.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{356\,585,09}{398\,258,21} = 0,895;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{383\,793,16}{398\,258,21} = 0,963;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{398\,258,21}{398\,258,21} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (21)$$

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 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	4	4
3. Энергосбережение	0,10	4	3	3
4. Надежность	0,2	5	5	5
5. Безопасность	0,3	5	4	4
Итого	1	4,9	4,1	4,1

$$I_{\text{р-исп1}} = 5 * 0,2 + 5 * 0,2 + 4 * 0,10 + 5 * 0,2 + 5 * 0,3 = 4,9;$$

$$I_{\text{р-исп2}} = 4 * 0,2 + 4 * 0,2 + 3 * 0,10 + 5 * 0,2 + 4 * 0,3 = 4,1;$$

$$I_{\text{р-исп3}} = 4 * 0,2 + 4 * 0,2 + 3 * 0,10 + 5 * 0,2 + 4 * 0,3 = 4,1.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,9}{0,895} = 5,47$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{4,1}{0,903} = 4,25;$$

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

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

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (22)$$

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,895	0,962	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,9	4,1	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	5,47	4,25	4,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,77	0,96

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5 Социальная ответственность

В решение вопросов охраны труда большое значение имеет социальный аспект, а именно социальная ответственность работодателей за безопасный и безвредный труд работников. Социальная ответственность отражается в поставленных задачах, средствах и способах их решений. Правильный выбор способствует созданию приемлемого уровня жизнеобеспечения своих работников и увеличения эффективности организации трудового процесса.

В данном разделе выпускной работы будет проанализировано влияние воздушной линии электропередачи, как источника появления опасных, вредных факторов и их воздействие на электромонтера подстанции 110 кВ и на окружающую среду.

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 Пб по уровню энергозатрат, поскольку связана с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и умеренными физическими нагрузками [27].

Подстанции 110 кВ расположенные в районе Северо-Васюганских нефтяных месторождений располагается на северо-западе Томской области в России. Данная местность приравнена к районам Крайнего Севера. Особенностью климата являются резкие перепады атмосферного давления воздуха и температуры. Летом существует вероятность возникновения лесных пожаров [30].

5. 1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

На работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, выдаются прошедшие обязательную сертификацию или

декларирование соответствия средства индивидуальной защиты в соответствии с типовыми нормами, утвержденными в порядке, установленном Правительством Российской Федерации [Статья 221 ТК РФ].

Работа электромонтера относится к категории Пб. К категории Пб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (трубопроводчик линейный, обходчик линейный, электрогазосварщик, слесарь АВР, слесарь-сантехник, слесарь по ремонту автомобилей, слесарь по топливной аппаратуре, слесарь по эксплуатации и ремонту газового оборудования, слесарь по эксплуатации и ремонту подземных газопроводов, слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования, слесарь-ремонтник, ремонтник АГНКС, станочник широкого профиля, токарь, машинист технологических компрессоров, машинист холодильных установок, дефектоскопист, монтажник санитарно-технических систем и оборудования и т.п.).

Трудовое законодательство определяет, максимальную продолжительность рабочего дня (смены) для отдельных категорий сотрудников:

- для работников с вредными и (или) опасными условиями труда, если им установлена 36-часовая рабочей неделе - 8 часов;
- для работников с вредными и (или) опасными условиями труда, если им установлена 30-часовая рабочая неделя и менее - 6 часов.

Для предупреждения заболеваний, связанных с работой при обслуживании воздушных линии электропередач необходима рациональная организация труда и отдыха, которая нормируется в соответствии с санитарными правилами. [СанПиН 1.2.3685-21.] Так как данный вид работ подразумевает возможное наличие угроз жизни и здоровья, следует обеспечить работника всеми необходимыми мерами защиты – защитную каску, костюм из диэлектрической

ткани, защитные пластиковые очки, диэлектрические резиновые рукавицы или перчатки, обувь из резины – галоши, ботинки, указатели напряжений, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

Форма оплаты труда электротехнической службы повременно-премиальная. Оплата труда основывается на тарифной системе, основой которой является 28-разрядная единая тарифная сетка работников. При этом тарифные ставки работников электрохозяйства рассчитывается на основе тарифной ставки первого разряда, тарифных, корректирующих коэффициентов и единой тарифной сетки.

5. 2 Производственная безопасность

Классификация опасных вредных факторов дана в основополагающем стандарте ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте ремонте линии электропередач

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Возможность падения рабочего с опоры	Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.3.050-2017 «Система стандартов безопасности труда. Строительство. Работы на высоте. Правила безопасности» (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 июля 2017 г. N 737-ст)
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
Статическое электричество	ГОСТ ИЕС TR 61340-5-2-2021 Электростатика. защита электронных устройств от электростатических явлений. руководство по применению
Короткое замыкание	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
Производственные факторы, связанные с аномальными климатическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 25 февраля 2022 года) СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;	ГОСТ Р 55815-2013 Безопасность объектов и средств связи. Методы исследования и расчета уровней электромагнитных излучений при проектировании объектов связи
Монотонность труда, вызывающая монотонию	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума и вибрации	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. РД 34.20.182-90 Методические указания по типовой защите от вибрации и субколебаний проводов и грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кв
Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
Укусы насекомых/животных	ГОСТ Р 12.4.296-2013. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных). Общие технические требования. Методы испытаний.

5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Работы на опорах воздушных линий являются особо сложными по организации безопасных условий труда по следующим причинам: работа связана с подъемом на опоры на большую высоту, рабочие места меняются ежедневно, а иногда и несколько раз в день, электромонтажники-линейщики рассредоточиваются по рабочим местам вдоль воздушной линии, находясь друг от друга на расстоянии пролета между опорами, что затрудняет контроль за безопасностью их труда, работа требует постоянного контроля за состоянием заземляющих устройств, а также постоянной проверки отсутствия напряжения в отключенных цепях воздушных линий, работа связана с погодными условиями, состоянием подъездных путей и конструкцией опор.

В связи с этим от каждого работника требуются внимание, строгое выполнение всех требований техники безопасности и неустанный контроль за своими действиями и окружающей обстановкой.

Все работники обязаны ежегодно проходить медицинское освидетельствование на выполнение работ на высоте и подтверждать

присвоенную группу по электробезопасности. Вновь поступающие рабочие после медицинского освидетельствования обязаны пройти курс обучения работам на воздушных линиях и проверку знаний с последующим присвоением группы по электробезопасности.

Не допускается выполнение работ на высоте в открытых местах при скорости ветра 15 м/с и более, при гололеде, грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ.

Выполнение строительно-монтажных работ, работ на воздушных линиях электропередачи осуществляется по проектам производства работ или по технологическим картам, которые содержат технические решения и основные организационные мероприятия по обеспечению безопасного производства работ и санитарно-гигиеническому обслуживанию работников. Каждый сотрудник обязан иметь удостоверение по электробезопасности не менее III разряда и получить допуск к работам с прохождением инструктажа.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током в проект производства работ включаются:

- указания по выбору трасс и определению напряжения временных силовых и осветительных электросетей, ограждению токоведущих частей и расположению вводно-распределительных систем и приборов;
- указания по заземлению металлических частей электрооборудования и исполнению заземляющих контуров;
- дополнительные защитные мероприятия при производстве работ с повышенной опасностью и особо опасных работ.

Поражение человека электрическим током может произойти в результате воздействия на него зарядов статического электричества.

Статическое электричество – это электричество трения, которое возникает за счет физического явления электризации при трении диэлектрика и проводника, при трении диэлектриков друг о друга, при дроблении диэлектрика, при ударах диэлектрика, при его разрыве.

Допустимые уровни напряженности электростатических полей устанавливаются ГОСТ 12.1.045-84 и СанПиН 1.2.3685-21. Предельно допустимые уровни напряженности электростатического поля устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах и не должны превышать:

- при воздействии до 1 ч - 60 кВ/м;
- при воздействии от 1 до 9 ч - ПДУ определяется по формуле $E_{пд} = 60 T$

,

где T - время, ч.

Средства защиты от статического электричества должны применяться во всех взрыво- и пожароопасных помещениях и зонах открытых установок, отнесенных по классификации ПУЭ к классам В-1, В-1а, В-1б, В-1г, В-П, В-Па, П-1, ПП.

Защита от статического электричества ведется по двум направлениям:

- уменьшением интенсивности генерации электрических зарядов;
- устранением уже образовавшихся зарядов.

Устранение уже образовавшихся зарядов достигается:

- заземлением металлических и электропроводных элементов оборудования;
- применением нейтрализаторов статического электричества;
- увеличением относительной влажности воздуха до 65 – 75%;
- увеличением поверхностной и объемной проводимости диэлектриков;
- удалением зон пребывания обслуживающего персонала от источников электростатических полей (ограничение времени).

Заземление относится к основным методам защиты от статического электричества и представляет собой преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Величина сопротивления заземляющего устройства, предназначенного исключительно для защиты от статического электричества, должна быть не выше 100 Ом.

Нейтрализация зарядов статического электричества производится в тех случаях, когда не представляется возможным снизить интенсивность его образования технологическими и иными способами.

Особое внимание при монтаже и ремонте линий электропередач, необходимо уделять местам креплений и соединений проводов, а также жил кабелей. В зимнее время, когда наступают обильные снегопады, электромонтажники должны мобилизовать по очистке проводов и кабелей от наледи, сосулек и снега. Чрезмерное покрытие снегом контактов проводов и кабелей может привести к короткому замыканию в цепи, что в свою очередь приводит к обгоранию проводов и кабелей, вследствие чего образовывается электрическая дуга. Такое событие может привести к непредсказуемым последствиям, так как вблизи линий электропередач могут находиться люди, которые не подозревают об опасности.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м, при напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин, пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается. Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время необходимо находиться вне зоны влияния ЭП или применять средства защиты.

При проведении работ, осуществляемых с подъемом на высоту, необходимо руководствоваться ГОСТ Р 12.3.050-2017. При достижении высоты 11,5 м напряженность электрического поля составляет 5 кВ/м, в данной 394 зоне время нахождения составляет время рабочей смены. На высоте 11,5-13 м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин. В соответствии с ГОСТ

12.1.038-82 напряженность электрического поля промышленной частоты 50 Гц на территории жилой застройки от воздушных линий электропередачи переменного тока и других объектов не должна превышать 1 кВ/м на высоте 1,8 м от поверхности земли.

При работе воздушных линий электропередачи имеют место акустические шумы в виде потрескивания и шипения (гудения). Наибольший шум возникает в плохую погоду, когда капли воды на поверхности проводов становятся источником большого числа коронных разрядов, которые, в свою очередь, становятся источниками шума. Сильное шипение возникает при гололеде и изморози. На воздушных линиях электропередач напряжением 110 кВ шум под проводами может быть слышен и в хорошую погоду.

Измерения уровней шумов на действующих воздушных линиях электропередач показали, что при напряжениях до 750 кВ включительно фактические уровни шума под линиями не превышают установленных нормами предельных значений. Допустимый уровень шума на территории, непосредственно составляет 45 дБА. В процессе монтажа и ремонта воздушных линий электропередачи, при определенных погодных условиях может возникнуть, так называемая, вибрация проводов. Вибрация проводов (тросов) - периодические колебания провода (троса) в полете с частотой от 3 до 150 Гц, происходящие в вертикальной плоскости при ветре и образующие стоячие волны с размахом (двойной амплитудой), который может превышать диаметр провода (троса) называют колебательный процесс, характеризующийся большой частотой и малой амплитудой колебаний. Частота колебаний провода обычно находится в диапазоне от 3 до 150 Гц, а амплитуда колебаний примерно равна диаметру провода.

Вибрация обычно наблюдается при воздействии на провод воздушного потока поперечного направления (при скоростях ветра от 0,5 до 7,0 м/с) и, как правило, при отсутствии гололеда.

В качестве основной меры защиты проводов и грозозащитных тросов от усталостных напряжений в настоящее время применяют многочастотные гасители вибрации. Для дополнительной защиты участков проводов расположенных в поддерживающих зажимах можно использовать спиральные многопроволочные протекторы.

Эксплуатация воздушных линий включает техническое обслуживание осмотр, проверка, измерения, устранение мелких повреждений, ремонт.

Очистку осветительной арматуры и замену ламп при использовании телескопической вышки с изолирующим звеном разрешается выполнять по распоряжению без снятия напряжения с проводов воздушных линий. У светильников, установленных на деревянных опорах работу, может выполнять производитель работ с помощником. Не допускается подъём на угловую опору со штыревыми изоляторами со стороны внутреннего угла.

Перетяжка и замена проводов на воздушных линиях с напряжением до 1 кВ, подвешенной на опорах совместно с другими воздушными линиями с напряжением до 1кВ и выше, производится с отключением и заземлением всех воздушных линий с напряжением до 1кВ и выше.

Работать на воздушных линиях, находящихся под напряжением при тумане, дожде, снегопаде, сильном ветре и в тёмное время суток запрещается.

Меры предосторожности во время осмотра воздушных линий:

- при осмотре запрещается подниматься на опору;
- в условиях неблагоприятной погоды осмотр проводится двумя электриками;
- приближаться к упавшему на землю проводу ближе 2 м не следует (вблизи такого провода выставить охрану, сообщить на предприятие электросетей и дождаться прибытия ремонтной бригады);
- запрещается приближаться на расстояние менее 8 м к находящимся под напряжением железобетонным опорам воздушных линий с $U = 6, 35$ кВ при наличии признаков протекания по ним тока замыкания на землю;

Искусственное освещение рабочих мест, а также проходов и проездов должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.046-2014. Запрещается работа в неосвещенных местах или в местах с освещенностью ниже нормируемого уровня.

При работах на участках пересечения воздушной линии с железной дорогой, судоходной рекой, автомобильной трассой, когда требуется временно приостановить движение транспорта или приостановить работу на воздушной линии, руководитель электрохозяйства, выдающий наряд, вызывает на место работы представителя службы движения, который должен обеспечить остановку транспорта на необходимое время или предупредить ремонтную бригаду о приближающемся транспорте.

На это время провода, мешающие движению, поднимаются на безопасную высоту.

Возникает вследствие плохой работы осветительных приборов и затененностью оборудования, конструкций. Недостаточное освещение в рабочем месте может привести к повышению травматизма ремонтного персонала.

Действующим нормативным документом является СП 52.13330.2016. Рабочее место, согласно СП должно быть оснащено таким образом, чтобы обеспечить качественный ремонт и монтаж линии электропередач, а при эксплуатации, возможность правильной работы. Согласно нормам искусственного освещения, нормируемая освещенность в котельных должна составлять 100 лк.

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. Выполнение монотонной работы является крайне тяжелым для человеческой психики, что в итоге неизменно оказывает влияние и на физиологические процессы, протекающие в его организме. Соответственно этому любая монотонная работа должна иметь определенные перерывы и промежутки, которые помогут избавиться от состояния монотонии. 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.

Укусы насекомых/животных являются одной из важных причин заболеваемости и смертности в том числе при ремонте и монтаже воздушных линии электропередач. В случае укуса ядовитой змеи требуется незамедлительное лечение с помощью соответствующего антитоксина. В случае если имел место единичный укус насекомого, отек ноги или другой части тела – естественная реакция организма. Если имеют место болевые ощущения, покраснения и зуд, однако не последовало сильных аллергических реакций, вполне достаточно обычной первичной обработки. В обычных случаях этого вполне достаточно, однако стратегическое значение имеет как общее количество укусов, так и индивидуальная переносимость яда. В этих случаях необходима срочная медицинская помощь. До прибытия врача следует воспользоваться антианафилактическим пакетом, включающим в себя: антигистаминные средства. Дальнейшее лечение будет назначено лечащим врачом. Прежде всего, следует не приближаться к пчелам без специальной одежды, по возможности следует избегать яркой одежды, не делать резких движений, которые могут быть восприняты насекомым как акт агрессии.

5.3 Экологическая безопасность при эксплуатации

Использование территорий, находящихся в охранной зоне линий электропередачи, регулируется Постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» от 24.02.2009 N 160. Введение правил установления защитных зон обусловлено вредным воздействием электромагнитного поля на здоровье человека.

Высокое напряжение, под которым находятся линии электропередач, является прямой угрозой жизни и здоровью как обслуживающего персонала, так и случайных людей, игнорирующих правила техники безопасности. Для минимизации несчастных случаев, а также нарушений работы ЛЭП, ГОСТом 12.1.051-90 предусмотрен перечень действий, которые запрещается проводить в охранной зоне.

В охранной зоне ЛЭП любого напряжения запрещено:

- строительство, капитальный ремонт, снос зданий или сооружений;
- устанавливать хранилища горюче-смазочных материалов, в связи с возможностью непреднамеренного воспламенения или пожара. В охранную зону линии электропередачи также запрещено сливать отработанные ГСМ из близлежащих баз хранения;
- размещать свалки или места большого скопления как строительного, так и бытового или промышленного мусора;
- строить автомобильные заправочные станции;
- проводить работы с использованием взрывных или горючих веществ;
- на провода как высокого, так и низкого напряжения категорически воспрещается накидывание проводников с целью попытки кражи электроэнергии. Это может привести к несчастному случаю, а в случае с ЛЭП высокого напряжения – к летальному исходу. Вопросы экологического влияния

высоковольтных линий электропередачи (ВЛ) приобретают особую актуальность в связи с развитием электрических сетей сверхвысокого напряжения (СВН) 500—750 кВ и освоением ультравысокого напряжения (УВН) 1150 кВ и выше.

Как правило, в качестве промышленных отходов выступают: бумага, строительные отходы, коробки и т.п. Этот мусор с другими отходами вывозится на территории, выделенные под складирование бытовых отходов. Сжигание этих отходов уменьшает их объём на 90%, но в результате сжигания происходит выделение вредных газов и дымов, что загрязняет атмосферу. В процессе изготовления детали «Корпус» остаются производственные отходы в виде обрезков и стружки, которые тщательно собираются и увозятся в пункт приема металлолома, где в дальнейшем переплавляются в прокат и поступают опять на производство.

Воздушные линии электропередачи оказывают негативное влияние на окружающую среду. Для сооружения линии требуется отвод земель под опоры, вырубка лесов, охотничьих и кормовых угодий. Последствиями отвода земель и вырубке леса являются нарушение экологического равновесия, как флоры, так и фауны, поскольку на вырубленных территориях активно развиваются сорняки и изменяются условия обитания животных.

Чистота трасс воздушных линий обеспечивается с помощью обработки почвы гербицидами, что ведёт к дополнительному загрязнению природы. Профилактическая расчистка трасс механическим способом (вырубка) выводит леса из процесса регенерации кислорода.

При строительстве воздушной линии электропередачи образуются твердые отходы, которые утилизируются на специальных полигонах, путем складирования, обезвреживания и захоронения. Данные методы утилизации приводят к отравлению почвы, делая ее не пригодной для строительства, земледелия и выпаса скота, к выделению вредных веществ в воздух от материалов, пропитанных токсичными составами.

Для ликвидации электросетевых объектов должны быть выполнены проекты ликвидации объектов, в которых должны быть обоснованы затраты на всех этапах утилизации: демонтаж оборудования, затраты на утилизацию, на рекультивацию земель. Утилизация выведенного из эксплуатации оборудования должна производиться в соответствии с инструкциями по эксплуатации конкретного типа оборудования, а также с действующим законодательством в области охраны окружающей среды и требованиями специализированных полигонов.

При проведении работ по утилизации электросетевых объектов должны быть предусмотрены меры для предупреждения и ограничения вредного воздействия на окружающую природную среду, здоровье и генетический фонд человека.

Специальной утилизации подлежат: элегаз; аккумуляторные батареи (серная кислота, шлам, свинец, пластмассовые и стеклянные банки); отработанные ртутные лампы; ртутные вентили; конденсаторы с пропиткой трихлордифенилом.

При утилизации оборудования, заполненного элегазом, должны быть выполнены мероприятия по: предотвращению утечки элегаза; предварительной откачке элегаза.

Откачанный газ может быть: регенерирован на месте и повторно использован в другом оборудовании; отправлен для регенерации поставщику; отправлен для разложения в специализированные предприятия.

Введенная в эксплуатацию воздушная линия электропередачи изменяет рельеф местности и оказывают влияние на условия жизни населения вблизи линии и животных, обитающих в лесу.

Рост электрического потенциала вызывает разряды на ветки растений, траву. Небольшая величина таких токов не способна привести к серьёзному поражению, но из-за неприятных ощущений возможна потеря координации и внимания у человека, что в свою очередь может привести к травмированию по

причине совершения произвольных или нескоординированных движений. Коронирование проводов на воздушной линии электропередачи сопровождается выделением озона и окислов азота из окружающего провод воздуха, что также неблагоприятно воздействует на растительность и человека. Линии создают препятствия на путях миграции животных и птиц.

Система мер по снижению ущерба от воздушных линий состоит из нескольких групп мероприятий:

1. Совершенствование конструкций воздушных линий электропередач с целью уменьшения площади, отчуждаемой под трассы линий, увеличение их пропускной способности и ограничение напряженности электрического поля под проводами линий. Данное мероприятие реализуется путем использования компактных воздушных линий электропередачи.

2. Рациональное использование трасс линий электропередачи; рекультивация и окультивирование земель, отведенных под трассу с целью вовлечения в сельскохозяйственный оборот, передача пользователям под покосы, для развития овощных и плодово-ягодных культур, под парниковое хозяйство.

3. Для предотвращения гибели птиц в районах прохождения воздушной линии предусматривается установка противоптичьих заградителей на траверсах и тросостойках опор.

4. Создание санитарно-защитных зон для защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи.

5. Уменьшение шума от воздушной линии электропередачи достигается путем корректировки параметров проводов фазы и их размещения в пространстве. Альтернативой воздушным линиям служат кабельные линии электропередачи, использование которых на дальние расстояния и номинальные напряжения выше 35 кВ экономически невыгодно.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации

Среди множества чрезвычайных ситуаций, техногенного, природного, биолого-социального, экологического и военного характера, наиболее типичной для воздушной линии являются возникновение пожаров. Причиной пожара могут служить: электрический ток при работе с электроустановками, открытый огонь, удар молнии, аномально высокая температура воздуха.

Территория подстанции относится к классу «В» по пожарной опасности, так как установленные распределительные устройства с выключателями и аппаратурой, содержат более 60 кг масла в единице оборудования.

Различают следующие способы тушения пожаров

- охлаждение очага горения или горящего материала ниже определенных температур;
- изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода в воздухе путем разбавления негорючими газами;
- механический срыв пламени сильной струей воды или газа; торможение (ингибирование) скорости реакции окисления;
- создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы, сечение которых ниже установленного диаметра.

К средствам тушения относятся все огнетушащие вещества и составы, а также стационарные и мобильные установки, предназначенные для ликвидации очагов загорания, либо их локализации. К ним также относятся автоматические установки пожаротушения, системы сигнализации, оповещатели и техническое оборудование, предназначенное для управления и контроля систем автоматики. В качестве средств тушения используют:

- воду, пены (различной кратности и химические), коллоидные системы, состоящие из пузырьков воздуха или диоксида углерода;

- инертные газовые разбавители (диоксид углерода, азот, аргон, водяной пар, дымовые газы);
- гомо-геновые ингибиторы, низкокипящие галогеноуглероды-хлориды;
- гетерогенные ингибиторы — огнетушащие порошки;
- комбинированные составы.

В настоящее время существуют два основных направления минимизации вероятности возникновения пожара на административных объектах – это разработка инженерно-технических и организационных мероприятий. К инженерно-техническим мероприятиям относятся: строительство защитных сооружений, создание санитарно-защитных зон вокруг потенциально опасных объектов, инженерное оборудование территории региона с учётом характера воздействия прогнозируемых ЧС. К организационным мероприятиям относятся: обучения электромонтеров подстанции мерам пожарной безопасности: противопожарный инструктаж (вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый, целевой); изучение и проверка знаний в объеме пожарно-технического минимума; проведение противопожарных тренировок; проведение тренировок по эвакуации людей при пожаре; профессиональное дополнительное образование для непрерывного повышения квалификации.

5.5 Вывод по разделу СО

В данном разделе рассмотрена организация безопасности жизнедеятельности человека на при ремонте и монтаже воздушных линии электропередач. Рабочее место по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 относится к категории Г (умеренная пожароопасность). Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 является ПБ. Объект относится к I категории объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду. Электромонтером при ремонте

и монтажа воздушных линии электропередач присваивается квалификационная группа по электробезопасности не ниже III. Его класс условий труда соответствует 2.

Заключение

Данная работа посвящена актуальной теме снижения числа аварийных ситуаций при строительстве и ремонте ЛЭП-110 кВ. Для решения этой задачи изучено устройство и принцип действия воздушной ЛЭП, рассмотрены этапы ее монтажа и выявлены сопутствующие им вредные и опасные факторы.

Произведена оценка вероятности возникновения аварий при монтаже и эксплуатации воздушных ЛЭП и определена величина ущерба от этих аварий. По этим данным вычислены риски аварий, возникающих при монтаже и эксплуатации воздушных ЛЭП.

В результате расчетов выяснено, что наибольший риск для ЛЭП представляют погодные условия, такие, как обледенения, ураганы и грозы.

Предложены следующие мероприятия по снижению риска аварий на ЛЭП 110 кВ:

- усиление конструкции опор при плановых и аварийных работах;
- заменять пришедшие в негодность провода на более прочные;
- усилить контроль за чисткой лесных просек в защитной зоне ЛЭП;
- при строительстве и ремонте ЛЭП осуществлять чистку изоляторов и покрытие их поверхности гидрофобными материалами;
- установить дополнительные электроды в системы заземления опор ЛЭП.

Таким образом, в работе решены все поставленные задачи и достигнута ее цель – оценка и снижение рисков при строительстве и эксплуатации ЛЭП – 110 кВ.

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. Дулесов А. С. Мера неопределенности информации и её свойства применительно к оценке случайного поведения технического объекта / А. С. Дулесов, Н. Н. Кондрат. // Журнал «Научное обозрение». – 2014. – №7. – С.258-264.
7. Дулесов А. С. Определение меры неопределенности информации в задаче бесперебойной поставки ресурсов потребителям / А. С. Дулесов, Е. А.

Ускова. // Журнал «Перспективы науки. Science prospects». – 2012. – №4 (31). – С.81-85. 49

8. Информационная энтропия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная_энтропия.

9. Классификация ВЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part2/&page=page>.

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

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

12. Лучинкин, А. В. Проблемы управления режимами работы энергетических систем / А. В. Лучинкин, Ю. А. Шатова, А. А. Кривошапов. // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах: сб. ст. Междунар. науч.-пр. конф. - Пенза, 2012 г. - С. 37-45.

13. МРСК Сибири - «Хакасэнерго» [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.

15. Основные вопросы проектирования воздушных линий электропередач: учебное пособие / Ф. Р. Исмагилов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2015. — 211 с.: ил. – Библиогр.: с. 208-210.

16. Основные понятия и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pointer.laser-squad.com/isr/books/tehobsl/ponyatiya.html>.

17. Основные понятия теории надежности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.obzh.ru/nad/4-1.html>.

18. Планово-предупредительный ремонт оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.galaktika.ru/eam/planovopredupreditelnyj-remont-oborudovaniya.html>.

19. Планово-предупредительный ремонт электрооборудования [Электронный ресурс]. – 50 Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/electroremont/1081-planovopredupreditelnyj-remont.html>.

20. Причины повреждений на воздушных линиях электропередачи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/422-prichiny-povrezhdenijj-navozdushnykh.html>.

21. Проблемы надежности электрических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://poznayka.org/s65121t1.html>.

22. Птицезащитные устройства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rrrcn.ru/ru/electrocutions/bpd>.

23. Хорольский, В. Я. Надежность электроснабжения: учебное пособие / В. Я. Хорольский, М.А. Таранов. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. – 128 с.

24. Цветков, О. В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике / О. В. Цветков; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ). — Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2015. – 201 с.

25. Шатова, Ю. А. Показатели надежности ЛЭП-220 кВ Пензенской энергосистемы / Ю. А. Шатова, А. А. Кривошапов, Н. Н. Алешина. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7864>.

26. Приложение N 4 к Правилам по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте, утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11 декабря 2020 года N 883н
Электронная ссылка: Об утверждении Правил по охране труда при

строительстве, реконструкции и ремонте от 11 декабря 2020 - docs.cntd.ru
<https://docs.cntd.ru/document/573191722?marker=A9C0NP>.

27. ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

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

29. Приказ РАО «ЕЭС России» от 21.06.2007 Инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве.

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

31. Свод практических правил по охране труда при эксплуатации машин и механизмов. – Москва: МОТ, 2014.

32. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарногигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

33. СанПиН 2.2.4-548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

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

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

36. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарногигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

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