

**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
Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций при передаче электроэнергии потребителям

УДК 614.8-047.43:338.46:621.31.031

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E71	Ковдя Максим Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Амелькович Юлия Александровна	к. т. н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	Доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2022 г.

## Планируемые результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
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
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
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
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения объектов защиты
ПК(У)-14	Способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду
ПК(У)-15	Способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации
ПК(У)-16	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов
ПК(У)-17	Способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска
ПК(У)-18	Готовность осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

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

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

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

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1E71	Ковдя Максим Сергеевич

Тема работы:

Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций при передаче электроэнергии потребителям	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.01.2022г. № 12 – 29/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

02.06.2022 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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></p>	<p>Объектом исследования является подстанция 35/6кВ, исходными данными является статистика аварий на объектах электроэнергетики при которых возникают чрезвычайные ситуаций во время передаче электроэнергии потребителям</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи</i></p>	<p>– оценить тяжесть последствий травмирования работника, определив финансовые потери предприятия;</p> <p>– определить вероятность возникновения несчастного случая методом экспертного оценивания;</p>

исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	– произвести расчет величины риска и предложить мероприятия по его снижению; – рассчитать эффективность мероприятий по снижению риска
---	--

**Перечень графического материала**

(с точным указанием обязательных чертежей)

-

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	04.02.2022 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н.		04.02.2022 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E71	Ковдя Максим Сергеевич		04.02.2022 г.

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

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

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.03.2022	Поиск литературы по теме исследования	10
25.03.2022	Изучение производства, передачи и распределения электроэнергии	20
15.04.2022	Изучения причин и возможных последствий аварий на подстанции 35/6кВ	15
01.05.2022	Оценить риски возникновения чрезвычайных ситуаций при передаче электроэнергии потребителям	25
16.05.2022	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2021 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н.		04.02.2022

**СОГЛАСОВАНО:**

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

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1E71	Ковдя Максим Сергеевич

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

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Нижневартовска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием АО «Черногорэнерго»..
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премиальный коэффициент 30%; Доплаты и надбавки 20%; Дополнительная заработная плата 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,7.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %. (НК РФ)

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета научного исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Матрица SWOT
2. График проведения и бюджет НИ
3. Определение бюджета научного исследования

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	Доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1E71	Ковдя Максим Сергеевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
З-1Е71		Ковдя Максим Сергеевич	
<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение контроля и диагностики
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций при передаче электроэнергии потребителям	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Введение</b>	<p>Объект исследования. релейная защита в сетях с возобновляемыми источниками электрической энергии          Область применения. электроэнергетика          Рабочая зона: лаборатория          Размеры/ помещения 20 м<sup>2</sup>          Количество и наименование оборудования рабочей зоны: ПК, устройство RTDS          Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне. выполнение опытов в специализированных программах, с помощью которых происходит анализ изучаемого объекта.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</b>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ТК РФ);          – ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования;          ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;</p>
<b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b>	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Электромагнитное излучение;</li> <li>– Повышенный уровень шума и вибрации;</li> <li>– Отклонение показателей микроклимата рабочего места;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Нервно-психические перегрузки;</li> </ul> <p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Поражение электрическим током;</li> <li>– Короткое замыкание;</li> <li>– Статическое электричество.</li> </ul> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Осветительные приборы;</li> <li>– Предохранительные устройства;</li> <li>– Противошумные вкладыши.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b>	<p>Воздействие на селитебную зону: при разработке проектного решения отсутствует          Воздействие на литосферу. загрязнение территорий из-за образования отходов при поломке предметов вычислительной техники и оргтехники, бытовой мусор, утилизация люминесцентных ламп и макулатуры.          Воздействие на гидросферу: загрязнение водоемов, отходы жизнедеятельности персонала.</p>

	Воздействие на атмосферу: электромагнитные излучения, выделения токсичных веществ при утилизации оборудования.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	<p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пожар;</li> <li>– обрушение здания;</li> <li>– короткое замыкание проводов, поломка вычислительной техники.</li> </ul> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E71	Ковдя Максим Сергеевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 91 с., содержит 30 табл., 4 рис., 25 источников.

Ключевые слова: аварии на электросетях, эффективность мероприятий, оценка рисков, отказы в работе подстанции, производственная травма.

Целью работы является оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций при передаче электроэнергии потребителям.

В ходе выполнения работы было построено «дерево отказов» и выявлен наиболее вероятный сценарий развития аварийной ситуации – падение с высоты сотрудника при выполнении работ по обслуживанию ВЛ. изучена процедура оценки профессионального риска; определены причины падения с высоты путем построения дерева причин; проведена оценка тяжести последствий для тяжелого и смертельного несчастного случая в виде материальных затрат предприятия, а также оценка вероятности падения с высоты методом экспертного оценивания. В результате оценки профессионального риска предложены мероприятия по уменьшению вероятности травмирования работника и проведен расчет экономической эффективности их реализации.

Результаты данного исследования целесообразно использовать для повышения уровня безопасности работников на предприятиях, деятельность которых связана с проведением работ на высоте.

## **Обозначения и сокращения**

ГЭС – гидроэлектрическая станция;  
КПД – коэффициент полезного действия;  
АЭС – атомная электростанция;  
АТЭЦ – атомные теплоэлектроцентрали;  
ВЭС – ветряная электростанция;  
ВЭУ – ветроэнергетические установки;  
ТЭС – тепловая электростанция;  
ГРЭС – Государственная Районная Электростанция;  
КЭС – конденсационная электростанция;  
СЭС – солнечная электростанция;  
ЛЭП – линией электропередачи;  
ВЛ – воздушная линия;  
ОРУ – открытое распределительное устройство;  
ЭО – электрооборудование;  
ПС – подстанция;  
РЗА – релейная защита и автоматика;  
КЗ – короткое замыкание;  
ПТЭ – правила технической эксплуатации;  
КЛ – кабельная линия;  
АВР – автоматического включения резерва;  
ТН – технических нарушений;  
ТК РФ – Трудовой кодекс Российской Федерации;  
МОТ – международная организация труда;  
СИЗ – средства индивидуальной защиты;  
ЧЭЭ – чистый экономический эффект;  
ПФР – Пенсионный фонд России;  
ФФОМС – Федеральный фонд обязательного медицинского страхования;  
ФСС – Фонд социального страхования;  
ЗП – заработная плата;  
ЭЭС – электроэнергетическая система;  
ПЭВМ – персональная электронно вычислительная машина;  
ЛДЦ – лампы дневного света с улучшенной цветопередачей;  
ЛЛ – люминесцентные лампы;  
ЛТБЦЦ – лампы тепло-белого света с высококачественной цветопередачей;  
СД – светодиоды.

Введение.....	13
1. ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	15
1.1 Типы электростанций .....	15
1.1.1 Гидроэлектрическая станция (ГЭС).....	15
1.1.2 Атомная электростанция (АЭС) .....	16
1.1.3 Ветряные электростанции (ВЭС) .....	17
1.1.4 Тепловые электростанции (ТЭС).....	18
1.1.5 Солнечные электростанции (СЭС).....	20
1.2 Передача и распределение электрической энергии.....	21
1.2.1 Воздушные линии электропередачи .....	22
1.2.2 Кабельные линии электропередачи.....	23
1.2.3 Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения.....	25
2. ПРИЧИНЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ПОДСТАНЦИИ 35/6 КВ.....	28
2.1. Последствия для потребителей электроэнергии .....	29
2.2. Статистика аварий и отказов в электрических сетях .....	31
3. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при передаче электроэнергии потребителям.....	36
3.1 Профессиональный риск при выполнении работ на высоте .....	38
3.1.1 Оценка профессиональных рисков.....	39
3.1.2 Оценка профессионального риска в АО «Черногорэнерго» .....	40
3.2 Затраты предприятия при возникновении несчастного случая.....	41
3.2.1 Обстоятельства несчастного случая и оценка затрат .....	43
3.3 Оценка вероятности возникновения несчастного случая .....	46
3.3.1 Определение величины риска .....	51
3.4 Рекомендации по снижению риска.....	52
3.5. Расчет мероприятий по снижению риска .....	53
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	57
4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	57

4.3	SWOT - Анализ.....	59
4.4	Планирование научно – исследовательских работ.....	60
4.5	Структура работ в рамках научного исследования .....	61
4.6	Определение трудоемкости работ .....	62
4.7	Разработка графика проведения научного исследования .....	63
4.8	Расчет затрат на проектирование .....	67
4.9	Заключение по разделу «финансовый менеджмент» .....	74
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	76
5.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	77
	Специальные трудовые нормы правового законодательства .....	77
5.3	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	77
5.4	Производственная безопасность.....	78
5.5	Повышенный уровень шума .....	80
5.6	Отклонение показателей микроклимата рабочего места.....	80
5.7	Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	81
5.8	нервно-психические перегрузки (перенапряжение анализаторов).....	83
5.9	Поражение электрическим током.....	83
5.10	Экологическая безопасность.....	84
5.11	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	85
5.12	Заключение по разделу «Социальная ответственность» .....	86
	Заключение.....	88
	Список используемой литературы.....	89

## Введение

Электроэнергетика является базовой отраслью российской экономики, полностью обеспечивающей электрической энергией внутренние потребности народного хозяйства и населения. Устойчивое развитие и надежное функционирование отрасли во многом определяют энергетическую безопасность страны и являются важными факторами её успешного экономического развития.

Электроэнергия должна удовлетворять большому количеству различных критериев, как-то величина отклонения напряжения, частота и множество других параметров. С точки зрения производителей электроэнергии, электрическая система должна быть экономичной и выполненной максимально качественно с минимумом затрат на электрооборудование и потери в линиях – это позволит увеличить передачу производимой электроэнергии потребителю.

В связи с этим не стоит и упускать тот факт, что в любой отрасли есть и свои риски возникновения чрезвычайной ситуации.

Одна из основных трудностей оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного характера состоит в том, что чрезвычайные ситуации и связанные с ними опасности не являются внутренними свойствами ситуации, а представляют интегральную оценку опасностей системы, в каком-то плане характеристику системы, определяемую комбинацию свойств или сочетанности поражающих факторов и условий, в которых эта система находится. Поэтому проблема оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного характера не имеет простых решений.

На предприятии уровень безопасности определяется технологией производства, соблюдения требований охраны труда, а также наличием материальных ресурсов, которые позволяют соблюдать эти требования. Для определения уровня безопасности предприятия применяется метод экспертных оценок. Привлекаются эксперты, которые в ходе проверок проводят контроль технологии производства и т.п. Таким образом, формируется общая экспертная

оценка вероятности возникновения чрезвычайной ситуации. При этом оценивается уровень риска, то есть вероятность возникновения угроз безопасности некоторой системы и отдельным её структурам. Кроме того, оценивается предполагаемый ущерб в результате гипотетической чрезвычайной ситуации.

Целью работы является оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций при передаче электроэнергии потребителям.

Задачи работы:

1. Проанализировать возможные причины, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций методом построения «дерева отказов».
2. Оценить потери организации вследствие наступления аварийной ситуации при передаче электроэнергии потребителю.
3. Предложить мероприятия по повышению безопасности работ на высоте.

# 1. ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

## 1.1 Типы электростанций

В зависимости от того, какой вид преобразуемой энергии (химический, механический, световой и так далее) электростанции разделяются на:

Гидравлические, атомные, ветряные, тепловые, солнечные.

Вкратце рассмотрим их каждую в отдельности.

### 1.1.1 Гидроэлектрическая станция (ГЭС)

Гидроэлектрическая станция – станция, источником энергии которым является водоток. Обычно их строят на реках, сооружая плотины и водохранилища.

ГЭС состоит из цепи гидротехнических сооружений, которые в свою очередь обеспечивают необходимую концентрацию потока воды и создания напора, и энергетического оборудования, преобразующего энергию движущейся под напором воды в механическую энергию вращения, которая, в свою очередь, преобразуется в электрическую энергию.

По мощности ГЭС разделяют на малые (до 5 МВт), средние (до 25 МВт) и мощные (свыше 250МВт), эта мощность зависит от напора (разности уровней верхнего и нижнего бьефа).

Особенностью ГЭС является постоянная возобновляемость и отсутствие в потребности топлива, что и определяет низкую себестоимость вырабатываемой на ГЭС электроэнергии и значительно более высокий КПД 85%

Минусами являются большие капиталовложения и длительные сроки для её строительства. [1]

### 1.1.2 Атомная электростанция (АЭС)

Атомная электростанция (АЭС) – ядерная установка для производства электрической энергии, в качестве топлива станция использует уран – 235. От других электростанций АЭС отличает наличие ядерного реактора.

На АЭС происходит три взаимных преобразования форм энергии. Ядерная энергия переходит в тепловую, далее тепловая энергия переходит в механическую и затем механическая энергия преобразуется в электрическую.

По виду вырабатываемой энергии АЭС разделяют на два типа:

- Атомные электростанции (АЭС), предназначенные для производства электрической энергии.
- Атомные теплоэлектроцентрали (АТЭЦ), вырабатывают как электрическую, так и тепловую энергию.

АЭС являются наиболее современным видом электростанций, её плюсами является то, что она практически не загрязняет окружающую среду, не требует привязки к источнику сырья и поэтому могут быть размещены практически везде.

Минусами является большой расход технической воды для охлаждения конденсаторов турбин, что может сказаться для водных экосистем, но современные АЭС в основном имеют собственные искусственно созданные водохранилища – охладители или вовсе охлаждаются градирнями.

Самым большим недостатком являются серьезные последствия в случае возникновения аварии, поэтому на АЭС применяются сложнейшие системы безопасности с многократными запасами и резервированием, обеспечивающее исключение расплавления активной зоны даже в случае максимальной проектной аварии.

К недостаткам АЭС можно также отнести и её ликвидация, она связана с выработком ресурсов, по оценкам она может составить 20% от стоимости её строительства [2].

### 1.1.3 Ветряные электростанции (ВЭС)

Ветряная электростанция (ВЭС) – это несколько ветряных электроустановок, собранных в одном месте и соединены в одну сеть. Ветровые электростанции могут состоять из 100 и более ветрогенераторов.

Ветроэнергетика считается наиболее обсуждаемой темой в мировой энергетике.

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) нашли свое широкое применение в таких странах как Китай, Германия, США, Испания в том числе и в России.

Для достижения максимального результата ВЭС устанавливают в тех местах где существуют постоянные активные воздушные потоки. К таким местам относятся горы, холмы, берега морей и океанов и другие аналогичные условия. При этом КПД ветряных электростанций может достигать 50%.

Основными критериями, позволяющими определять тип ветряных установок являются следующие:

- Различие по количеству лопастей, если менее 4 лопастей, то такие ВЭУ называют быстроходные, более 4 относятся к тихоходным многолопастным устройствам.

- Различаются по величине номинальной мощности:
  - Бытовые до 15 кВт
  - Полупромышленные от 15 до 100 кВт
  - Промышленные от 100 кВт до 1 МВт
- Направление оси. Существуют два вида, это вертикальные и горизонтальные. Вертикальные характеризуются своей компактностью, не зависит от направления ветра и значительно меньшей мощностью в отличии от

горизонтальной. Горизонтальная ось имеет более высокий КПД и высокую стоимость.

Плюсами ветряных электростанций являются:

- Используемая энергия ветра является бесплатной и самое главное возобновляемой.
- Отсутствует зависимость от центральных электрических сетей.
- Высокий срок эксплуатации, составляющий 20-30 лет.
- Простота сборки и дальнейшего использования, сравнительно низкие цены на обслуживание и ремонт, быстро монтируются.

Недостатки ВЭС:

- Большие капиталовложения на этапе строительства.
- Постоянно меняющиеся сила и направление поток ветра.
- работа ветрогенераторов создает шум низкой частоты, чем самым негативно влияет на человека, вызывая усталость и дискомфорт.
- Низкий КПД при использовании.

С точки зрения экономики, строительство ВЭС имеет смысл только в том случае, если отсутствуют другие способы энергообеспечения [3].

#### 1.1.4 Тепловые электростанции (ТЭС)

Тепловая электростанция (ТЭС) - электростанция, вырабатывающая электрическую энергию в результате преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива.

ТЭС делятся на 2 вида:

- Районные, известные как ГРЭС и КЭС, используются для обслуживания потребителей региона и их мощность превышает 1 млн. кВт.
- Промышленные, предназначены для обслуживания одного конкретного предприятия или производственного комплекса, следовательно, их

мощность значительно ниже чем у ГРЭС, так как они устанавливаются в соответствии с потребностями определенного объекта.

Для всех ТЭС источником энергии служит прежде всего органические ресурсы и продукты нефтепереработки, такие как уголь, торф, газ, горючие сланцы, мазут [4].

По параметрам начального давления делятся на два вида:

- с критическим давлением – 8,8 – 12,8 Мпа или 90 – 130 атмосфер.
- С сверхкритическим давлением – 23,5 Мпа или 240 атмосфер. В таких конструкциях используется промежуточный перегрев и блочная схема.

Преимущества ТЭС:

- Относительно низкая цена теплового ресурса.
- Вырабатываемая энергия не зависит от сезонного колебания мощности, что свойственно ГЭС.
- Простое в обслуживании.
- Достаточно легко подвергается утилизации.
- Одновременно вырабатывает 2 вида энергии, тепловую и электрическую.

Недостатки ТЭС:

- Большое количество загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферу.
- Нарушение теплового баланса водоемов.
- Использование не возобновляемых ресурсов.
- Низкая экономичность [5].

### 1.1.5 Солнечные электростанции (СЭС)

Солнечная электростанция (СЭС) – инженерное сооружение преобразующее солнечную радиацию в электрическую энергию. Способы преобразования солнечной энергии различны и зависят от конструкции подстанции.

Рассмотрим разновидности электрических подстанций.

- Солнечные электростанции башенного типа – основной принцип работы — это получения водяного пара за счет солнечной радиации. В центре расположена башня, высотой от 18 до 24 м. на вершине которой расположен резервуар с водой покрытый черным цветом, а по кругу этой башни установлены гелиостаты.

Гелиостат – это зеркало площадь которого может достигать несколько квадратных метров. Оно работает таким образом, что при смене положения солнца, оно меняет свою ориентацию в пространстве, при этом так меняет угол своего наклона чтобы в любой момент времени все отраженные лучи в них попадали на резервуар. В ясную солнечную погоду температура в резервуаре может достигать до 700 градусов.

- Солнечные электростанции тарельчатого типа – принцип её работы схожий с станциями башенного типа, отличие заключается в конструкции отражателя, состоящего из зеркал, расположенных по кругу, от чего и следует название (тарельчатые), и приемника, который находится на небольшом расстоянии от отражателя.

- Солнечные электростанции, использующие фотобатареи – этот тип СЭС в настоящее время очень распространены, так как состоят из большого числа отдельных модулей различной мощности и выходных параметров. Применяются как для малых, так и для крупных объектов. Большой плюс фотобатареи в том, что их можно устанавливать везде, начиная с кровли, фасада здания и заканчивая отдельными выстроенными территориями.

- Солнечные электростанции использующие параболические концентраты – принцип работы схож с башенной СЭС, отличается только конструкция и теплоноситель. Данный вид СЭС располагается в длину, над зеркалами проходит трубка с маслом, которое при прохождении нагревается и в теплообменном пункте отдает свое тепло, нагревая воду, вода превращается в пар и поступает на турбогенератор [6].

## 1.2 Передача и распределение электрической энергии

Электроэнергетической системой – называется электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Электроэнергетической сетью называется – совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

Подстанцией называется – электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств до и выше 1000 в, аккумуляторной батареи устройств управления и вспомогательных сооружений.

Распределительным устройством – называется электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы.

Линией электропередачи (ЛЭП) любого напряжения (воздушной или кабельной) называется электроустановка, предназначенная для передачи электрической энергии на одном и том же напряжении без трансформации.

### 1.2.1 Воздушные линии электропередачи

Передача электроэнергии по воздушной линии электропередачи (ВЛ) осуществляется по проводам, которые находятся на открытом воздухе и поддерживаются над землей на опорах при помощи специальных креплений (траверс), изоляторов и других приспособлений, используемых для крепления, соединения и ответвления проводов. Все эти устройства называют линейная арматура воздушных линий электропередачи.

Линия электропередач со стороны источника питания и со стороны потребителя подключается к оборудованию распределительного устройства подстанции. Если электрооборудование располагается вне помещений, под открытым небом, то такое распределительное устройство называется ОРУ – открытое распределительное устройство.

Основные преимущества воздушной линии электропередачи:

- меньшая стоимость, по сравнению с кабельными линиями;
- простота поиска и устранения повреждения.

Наиболее распространенные виды повреждения воздушной линии - обрыв провода, повреждение изолятора или другого конструктивного элемента ВЛ. Данные повреждения диагностируются визуальным осмотром при обходе линии после аварийного отключения и устраняются в большинстве случаев быстро, без необходимости применения специализированного оборудования, испытательных установок и проведения земляных работ. Исключение составляют случаи наличия пробоя изолятора на одной из опор.

В данном случае при снижении диэлектрической прочности изолятора через него будет протекать утечка тока и на данном участке электроустановки будет зафиксировано наличие замыкания на землю.

недостатками ВЛ является:

Большая площадь охранной зоны: в зависимости от класса напряжения от 10 до 55 м с обеих сторон от крайних проводов ВЛ;

Высокая вероятность возникновения грозových перенапряжений при ударе молнии, а также повреждение ВЛ из-за неблагоприятных погодных условий: в результате схлестывания проводов, обрыва провода с изолятора или разрыва проводника от ветра или падения деревьев, а также по причине обледенения проводов.

Возможность повреждения при выполнении работ со спецтехникой вблизи линии с несоблюдением допустимого расстояния до проводов ВЛ (в зависимости от класса напряжения от 1 до 10 м), а также при провозе под линией негабаритного груза или транспорта.

Возможность поражения электрическим током в случае приближения людей к поврежденному участку ВЛ, к проводу, лежащему на земле (действие шагового напряжения). также опасность представляет приближение к проводам исправной ВЛ на недопустимое расстояние.

С точки зрения воздействия на экологию, ВЛ являются источником опасности для птиц, которые нередко погибают от поражения электрическим током [7].

### 1.2.2 Кабельные линии электропередачи

Кабельная линия электропередачи – это линия электропередачи, которая состоит из одного или нескольких проложенных параллельно кабелей, концевых и соединительных муфт, а также различных крепежных элементов. Кабель

состоит из двух и более токопроводящих жил, каждая жила имеет изолирующий покров, а все жилы в целом закрыты внешней изолирующей оболочкой.

В зависимости от типа, кабель конструктивно может иметь ряд других составляющих: металлический трос, оболочка (алюминиевая или стальная), наполнитель промежутков между жилами, защитная броня (ленточная или проволочная), герметизирующий слой и ряд других промежуточных слоев изоляции.

Существуют отдельные типы кабелей, в которых для обеспечения требуемых изоляционных характеристик закачивается специальный газ или масло, находящиеся в полости кабеля под определенным давлением.

Преимущества кабельных линий следующие:

- Охранная зона кабельной линии – 1 м от кабеля в обе стороны, независимо от класса напряжения.

- Широкая область применения, возможность выбора оптимального способа прокладки, в зависимости от местных условий. Кабель можно проложить в земле, на опорах, в тоннелях, блоках, лотках, каналах, галереях, коллекторах и др. Возможность оперативного подключения электроснабжения временных объектов без необходимости проведения сложных электромонтажных работ.

- Защищенность от неблагоприятных погодных условий, грозových перенапряжений.

- Безопасность при эксплуатации, что позволяет прокладывать линии электропередачи в населенных пунктах в местах скопления людей, интенсивного движения транспорта, а также в других местах, где строительство ВЛ затруднено или невозможно.

- Отсутствие доступа к линии посторонним лицам.

Недостатки кабельных линий:

- Чрезмерные смещения и просадки грунта могут привести к деформации, растяжению и как следствие повреждению кабельной линии.

- Вероятность механических повреждений в результате проведения несогласованных земляных работ вблизи кабельной трассы.

Более сложный, по сравнению с ВЛ, поиск и устранение поврежденного участка. Для устранения повреждения необходимо проведение земляных работ, наличие специализированного оборудования для поиска места повреждения, проверки изоляции линии, а также оборудование для монтажа соединительных муфт. После ликвидации повреждения требуется проверка правильности фазировки [8].

### 1.2.3 Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения

Категории электроприемников по надежности электроснабжения определяются в процессе проектирования системы электроснабжения на основании нормативной документации, а также технологической части проекта.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории.

Электроприемники первой категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

Электроприемники второй категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции,

массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники третьей категории - все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

Электроприемники первой категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить непрерывность технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического процесса, действующих при нарушении электроснабжения.

Электроснабжение электроприемников первой категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление нормального режима, при наличии технико-экономических обоснований рекомендуется осуществлять от двух независимых взаимно

резервирующих источников питания, к которым предъявляются дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

Электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Для электроприемников третьей категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток. [9].

## 2. ПРИЧИНЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ПОДСТАНЦИИ 35/6 КВ

Основной обязанностью работников, занимающихся эксплуатацией ПС является обеспечение надёжной работы ЭО и бесперебойного электроснабжения потребителей.

Все нарушения нормальной работы ПС рассматриваются в качестве аварий, отказов в работе в зависимости от их характера, степени повреждений оборудования.

При рассмотрении существующих практических методов, направленных на ликвидацию нарушений, применяется термин «авария», поскольку устранение нарушений, в конечном счёте, сведено к действиям с коммутационной аппаратурой, устройствами РЗА, переводам ЭО в любое из оперативных состояний.

На ПС аварии могут происходить при неожиданных повреждениях ЭО, нарушениях в работе оборудования от перенапряжения и воздействия электрической дуги, отказах в работе устройств РЗА, ошибочных действиях оперативно-ремонтного и оперативного персонала.

К основным причинам повреждений ЭО можно отнести следующие:

- некачественный ремонт и монтаж оборудования;
- неудовлетворительная эксплуатация и уход за оборудованием;
- дефекты в конструкциях и технологиях изготовления оборудования;
- форсированные износы;
- естественное старение изоляции;
- непродолжительные коммутационные, грозовые перенапряжения, сильное загрязнение, увлажнение изоляции, способствующее её пробую, перекрытию;

- однофазные КЗ на землю в сетях, работающих на напряжении 6-35 кВ, которые сопровождаются горением дуг. [10].

К основным причинам отказов РЗА и аппаратов во вторичной коммутации можно отнести:

- нарушения контактных соединений;
- неисправности механических, электрических частей реле;
- обрывы жил в цепях управления, контрольных кабелях;
- неправильный подбор, несвоевременное изменение характеристик, уставок реле;
- всевозможные дефекты в схемах релейной защиты и автоматики;
- ошибки монтажа релейных цепей;
- неверные действия обслуживающего персонала.

Кроме того, можно говорить и о причинах ошибочных действий персонала, которые происходят при выполнении переключений:

- нарушения оперативной дисциплины;
- невыполнение требований ПТЭ;
- незнание инструкций по эксплуатации ЭО; невнимательность и отсутствие должного контроля над своими действиями.

Выше указаны только основные, наиболее часто встречающиеся причины аварий. В некоторых случаях причины аварий могут показаться случайными, однако вероятность их повторения всё же достаточно велика.

По этой причине все случаи аварий должны самым тщательным образом расследоваться, изучаться для принятия мер, чтобы в дальнейшем исключить их повторение.

## 2.1. Последствия для потребителей электроэнергии

Для обычного жителя страны краткосрочное отключение электроэнергии может стать неприятным сюрпризом, в результате которого разрядится,

например, смартфон, ноутбук или планшет, а еда в холодильнике разморозится. Гораздо хуже, если перед отключением был резкий скачок напряжения, а дома не установлены автоматические переключатели, которые могут это компенсировать. Тогда в последствии можно дописывать сгоревшую бытовую технику и электроприборы, замена и ремонт которых обойдутся намного дороже.

Для бизнеса и производства последствия, как правило, намного серьезнее: фирмы теряют доступ к своим документам и базам данных, переведенным в «облако» или просто в цифровую форму, отключается сетевая инфраструктура и связь с серверами, возникают репутационные риски и проблемы с клиентами, с которыми невозможно вовремя подписать контракт или перевести средства в финансовом ПО. Ещё тяжелее последствия для общественно важных сфер, например, для медицины.

Ликвидация аварий. На ПС аварии, сравнительно с распределительными сетями, случаются редко, но они могут привести к более значительным последствиям, которые устраняются действием специальных устройств или действиями персонала, обслуживающего подстанции.

При этом, ликвидация аварий действиями персонала заключается в:

- выполнении оперативных переключений, которые необходимы для выделения, повреждённого ЭО и предупреждения развития более серьёзных аварий;
- быстрой локализации, ликвидации возгораний при их возникновении;
- устранении опасности для обслуживающего персонала;
- восстановлении в кратчайший срок нормальной подачи электроэнергии потребителям;
- выяснении состояния оборудования, отключившегося от сети, и принятии неотложных мер, направленных на включение его в работу или вывод в ремонт.

Для персонала ликвидация аварий – это достаточно трудная задача, решение которой связано с необходимостью мобилизации в кратчайшее время всех его навыков, знаний и, конечно, опыта.

Персонал обязан подключить сознание личной ответственности за правильность своих решений в возникающих аварийных ситуациях, когда персонал должен действовать безошибочно и быстро, испытывая при этом сильное эмоциональное напряжение.

В подобных условиях залогом успешной ликвидации аварии считается выдержка персонала, его сосредоточенность, самообладание и, безусловно, концентрация внимания на главном.[10].

## 2.2. Статистика аварий и отказов в электрических сетях

Обеспечение и контроль безопасности энергетических предприятий неразрывно связан с решением задачи, которая объединяет анализ оценки и управление риском на протяжении всего цикла существования объекта с учетом факторов, которые влияют на развитие аварийной ситуации. Актуально стоит вопрос анализа безопасности для энергетического объекта, который должен опираться на целостную и корректную методологию определения риска возникновения опасного события (аварийной ситуации).

Аварии и отказы на электроэнергетических объектах приводят к значительным потерям. Точные числовые данные надежности для параметров элементов системы отсутствуют или имеют большую неопределенность.

Предложенная работа посвящается анализу этих проблем и позволяет оценить риск возникновения возможных аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики, которые могут привести к потерям при значительной неопределенности параметров элементов системы.

Объектом исследования является подстанция 35/6 кВ «Никольская» как структурное подразделение АО «Черногорэнерго» распределительная

электросетевая компания, обслуживающая электрические установки по границе района напряжением 6-0,4 киловольт, подстанции напряжением 35-6 киловольт.

Процесс эксплуатации электрооборудования энергетических систем, неизбежно сопровождается авариями, отказами и отключениями. Основное исполнение городских электрических сетей — кабельное. Традиционная конструкция кабельных линий (КЛ), проложенных в советское время, это маслопропитанная бумажная изоляция и свинцовая или алюминиевая оболочка. В процессе эксплуатации такая изоляция быстро стареет, также не исключены заводские дефекты кабелей. Поскольку КЛ имеют возраст 30-50 лет, основной причиной выхода их из строя в результате естественного износа изоляции являются короткие замыкания — межфазные и однофазные. Кроме того, при монтажных и ремонтных работах происходят частые выходы из строя КЛ также по причине коротких замыканий. Статистические данные аварийности в сетях представлены в таблице 1.

Таблица 1 Аварийность в сетях 6 кВ (в единицах электрооборудования)

Виды аварий	2017	2018	2019	2020	2021
Выход из строя кабельной линии 6 кВ по причине однофазного замыкания на землю	5	4	2	6	7
Выход из строя кабельной линии 6 кВ при межфазном коротком замыкании	5	4	3	2	3
Повреждение кабельной линии 6 кВ при земляных работах	-	-	1	1	2
Отказ В-б, автоматического включения резерва (АВР)	1	1	2	1	1
Выход из строя концевой муфты	-	1	-	-	2
Повреждение разъединителя, серии ВН	4	2	3	3	2
Ошибка персонала	2	2	4	3	3
Выход из строя трансформатора 6/0,4 кВ	2	1	-	1	-
Итого:	19	15	15	17	20

На подстанции «Никольская», в последние 3-5 лет, так же увеличивается интенсивность однофазных замыканий на землю по сравнению с прошлыми годами. Анализ отказов показывает, что доля неисправности КЛ 6 кВ в электросети составляет 20% (таблица 2), при этом на электрический пробой изоляции приходится почти 90% аварий.

Таблица 2 - Распределение отказов по видам оборудования на ПС

Электросетевое оборудование	Доля отказов, %
КЛ напряжением 6 кВ	20,0
ВЛ напряжением 6 кВ	64,0
Трансформаторы напряжения 6 кВ	0,1
Трансформаторы тока 6 кВ	0,2
Силовые трансформаторы 6 кВ	4,1
Разъединители 6 кВ	0,2
Масляные выключатели 6 кВ	0,9
Выключатели нагрузки 6 кВ	0,1

В зависимости от уровня эксплуатации и качества электрооборудования, до 10% однофазных коротких замыканий переходят в двойные вследствие длительного повышения напряжения на неповрежденных фазах по отношению к земле и появлении перемежающейся дуги даже при малых токах замыкания на землю.

Все это снижает эффективность работы энергосистемы. Необходимо также отметить, что при возникновении однофазных замыканий на землю происходит ухудшение условий электробезопасности. При небольшом уровне залегания силового кабеля 6 кВ (такое происходит в случае нарушения прокладки кабеля или в процессе снятия грунта над кабельной трассой) может произойти поражение животного или человека шаговым напряжением.

Распределение технических нарушений (ТН) по объектам энергосистемы показано на рисунке 1. Наибольшая доля приходится на воздушные линии электропередачи (ВЛ) (63,27%) и кабельные линии электропередачи (КЛ) (8,17%), также немало ТН произошло вследствие повреждения оборудования подстанций (6,28%).

Многие ТН обусловлены воздействием погодных условий (гроза, порывистый ветер и пр.). Около 18% всех ТН произошло во время непогоды (чаще всего в весенний и летний сезон). Наиболее подвержены воздействию атмосферных явлений воздушные линии электропередачи. [13]

Повреждение ВЛ в среднем приводило к ограничению электроснабжения на 2 часа 23 минуты. Наиболее частой причиной ТН, произошедших на ВЛ, является обрыв провода – 31,53%, повреждение изоляторов – 19,56% (включая их перекрытие), попадание посторонних объектов на провода линии – 14,36% (падение деревьев, веток, попадание животных и иных объектов).

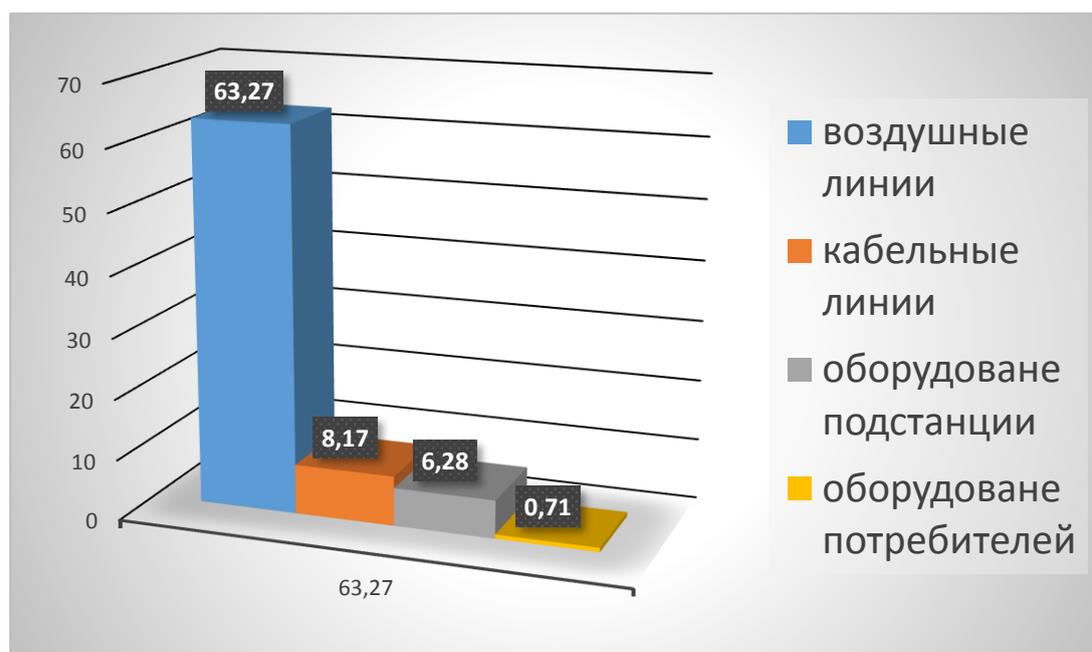


Рисунок 1 – Диаграмма распределения технологических нарушений

К категории природных явлений (1,14%) относятся образование большого количества наледи на проводах ВЛ, прямое попадание молнии в элементы конструкции ВЛ. 81,18% всех ТН на ВЛ произошли в сетях 6-10 кВ. (рисунок 2).

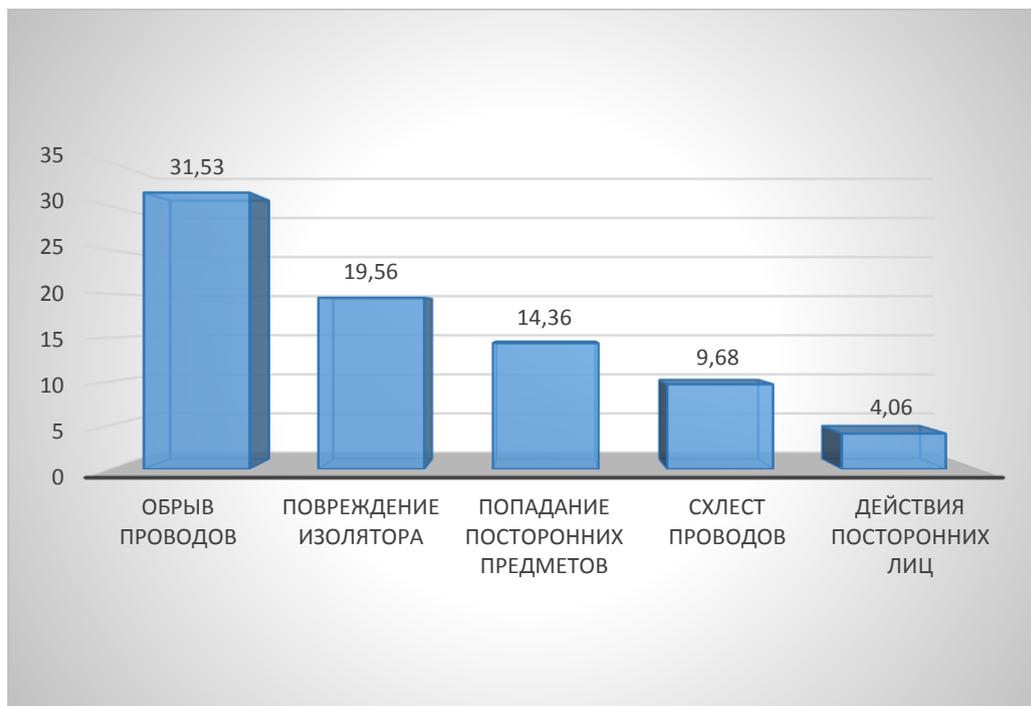


Рисунок 2 - Причины технологических нарушений

Наиболее аварийным элементом электрических сетей являются воздушные линии электропередачи 6-10 кВ

На рисунке 2 мы видим, что чаще всего на воздушных линиях электропередач авариями служит обрыв проводов, в следствии чего ведет за собой определенные риски, связанные с:

- Прекращением подачи электроэнергии на объекты нефтедобычи и населенные пункты;
- поражением электрическим током;
- падением с высоты при выполнении восстановительных работ.

### 3. ОЦЕНКА РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЯМ

В современных условиях анализ и управление рисками на промышленных предприятиях имеет большое значение для принятия и реализации управленческих решений. Сегодня можно говорить о том, что это направление в управленческой науке сформировалось и успешно развивается как в теоретических, так и в прикладных аспектах.

Предприятия и организации электроэнергетики подвержены всем видам рисков. Рисковые события в электроэнергетике приводят к различным видам потерь не только на предприятиях и в организациях отрасли, но и на многих предприятиях и в организациях других отраслей, национального хозяйства в целом и отражаются на жизнедеятельности населения.

В текущей производственно-хозяйственной деятельности предприятия электроэнергетики сталкиваются с рисками превышения расчетных нагрузок природными и климатическими нагрузками, аварийных отключений в системах энергоснабжения, риском невыдерживания показателей качества электроэнергии, недогрузками оборудования, неплатежей за полученную энергию, с нарушением сроков и объемов поставки топлива и других материально-технических ресурсов и непредвиденными изменением цен на них. Для потребителей электрической и тепловой энергии рисковыми событиями могут быть: аварийные отключения энергии, ошибочные решения о договорной величине заявленной электрической энергии (мощности), выбор видов энергии для технологических процессов, выбор источников теплоснабжения.

В электроэнергетической отрасли России не всегда возможно заранее дать точную количественную оценку рискам, а методы определения ее степени еще не отработаны. В связи с этим возникают трудности в сфере минимизации рисков и оценки затрат на управление ими. Риски энергетических предприятий можно разделить на внешние и внутренние (таблица 3).

Таблица 3 Внутренние и внешние риски энергетических предприятий

Внутренние риски	Внешние риски
Стратегические риски: разработка и воплощение неверных бизнес-решений, неспособность управленческого аппарата принимать Правильные решения с учетом изменений внешних факторов	Политические риски: политическая нестабильность изменение таможенной политики, риск географической нестабильности и государственного неподчинения обязательствам
Операционные риски: возникновение отклонений в информационных системах и системах внутреннего контроля; риски связаны с ошибками людей, наличием недостаточных систем контроля	Регулировочные риски: риски тарифного и экологического регулирования; регулирования в области безопасности; специфические налоговые риски; риски антимонопольного регулирования
Технологические и технические риски: непреднамеренные сбои в работе, неверный выбор технологического оборудования, нарушения технологических процессов, нерегулярные профилактика и ремонт оборудования, потери в результате сбоев и поломок	Рыночные риски: риск недополученные прибыли, риск изменения стоимости капитала, риск влияния крупных транзакций на параметры рынка, финансово - экономические, изменение конъюнктуры рынка, цен на топливо и т. д.

Все перечисленные в таблице 3 причины возникновения производственных рисков ситуаций являются потенциально опасными, и их следует заблаговременно принимать в расчет как при разработке стратегии развития, так и при реализации ежегодных планов производственной деятельности предприятий электроэнергетики [13].

Энергетическая отрасль является высокотехнологичной и требует высокой квалификации персонала. Для решения кадрового вопроса необходимо осуществить следующие меры:

- создать привлекательную корпоративную среду с возможностью реализации профессионального потенциала сотрудников;
- осуществлять адресные инвестиции в наиболее квалифицированных и перспективных менеджеров и специалистов для решения актуальных задач;
- разработать и внедрить корпоративные стандарты управления.

На предприятиях энергетической отрасли присутствует множество разнообразных рисков, требующих выявления, оценки и управления. Управление нефинансовыми рисками включает в себя сценарный анализ, принятие решений, управление проектами по оптимизации рисков и способствует поддержанию стратегии развития компании и реализации ее социальной миссии: надежного и бесперебойного энергоснабжения добросовестных потребителей электроэнергии на основе баланса интересов различных заинтересованных сторон.

Для снижения последствий рискованных событий в электроэнергетике применяются мероприятия:

- коммерческое страхование рисков через страховые компании, в частности, страхование отдельных видов оборудования, персонала предприятия;
- создание резервного фонда в размере не менее 15% уставного капитала в соответствии со ст. 35 закона «Об акционерных обществах»;
- создание натуральных запасов топлива и материально -технических ресурсов;
- включение в договоры энергоснабжения ответственности потребителей энергии за неоплату полученной энергии;
- прогнозирование потребления энергии потребителями;
- осуществление программы по повышению надежности работы оборудования;
- повышение квалификации сотрудников;
- внедрение мониторинга энергопотребления;
- внедрение системы управления энергопотребления [14].

### 3.1 Профессиональный риск при выполнении работ на высоте

В электроэнергетике основными видами работ повышенной опасности являются работы по обслуживанию электроустановок на кабельных или

воздушных линиях электропередачи; ремонтные, строительные и монтажные работы на высоте от 1,8 м [15].

По данным статистики в этой сфере деятельности среди причин травматизма лидирует падение с высоты (рисунок 3).

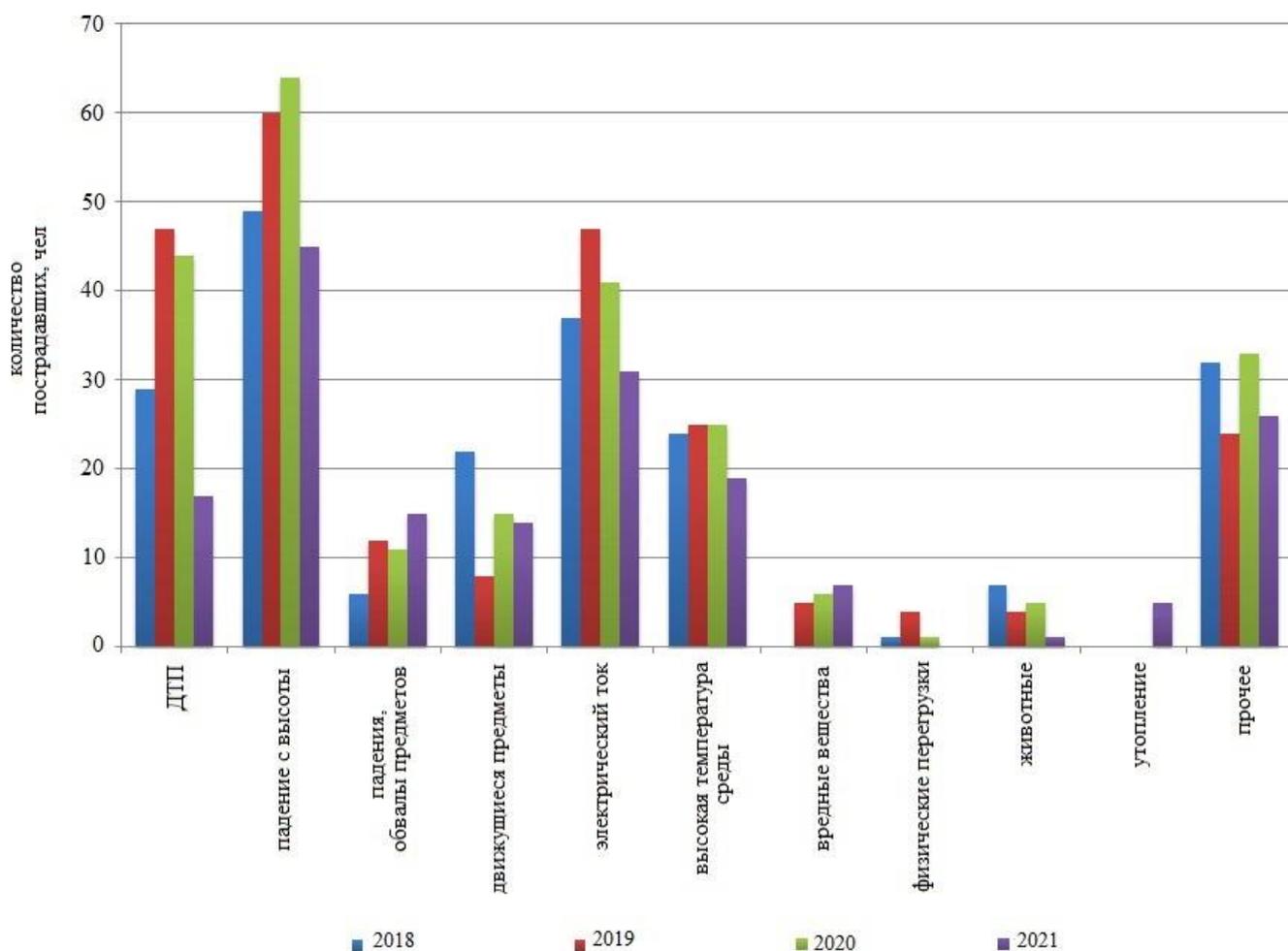


Рисунок 3 – Сведения о количестве пострадавших по видам происшествий и факторам воздействий в электроэнергетике

### 3.1.1 Оценка профессиональных рисков

Согласно статье 209 ТК РФ профессиональный риск[16] – это вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных или опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по

трудоу договору или в иных случаях, установленных настоящим Кодексом, другими федеральными законами.

Целью управления рисками является предотвращение или уменьшение воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов (в том числе от аварий на опасных производственных объектах) на работников.

### 3.1.2 Оценка профессионального риска в АО «Черногорэнерго»

В АО «Черногорэнерго» была проведена оценка профессионального риска на рабочем месте электромонтера по ремонту воздушных линий электропередачи. На исследуемом рабочем месте в процессе трудовой деятельности присутствуют следующие производственные факторы:

- падение с высоты;
- разрушение оборудования, механизмов, сооружений;
- поражение электрическим током;
- воздействие высокой температуры (электродуга);
- воздействие окружающей среды с низкой и высокой температурой.
- При проведении работ на высоте электромонтер использует:
- оборудование: опоры воздушных линий электропередачи напряжением 6 кВ, 35 кВ;
- инструменты: отвертки, пассатижи, плоскогубцы, круглогубцы, кусачки, ключи гаечные, ножи монтерские, переносные электроинструменты и светильники, когти и лазы монтерские;

Работа осуществляется на высоте от 5 до 7 м. Во избежание падения с высоты работник обеспечен следующими средствами защиты от падения с высоты [17]:

- страховочная привязь;
- стропы самостраховки;
- амортизатор;
- соединитель (карабин).

### 3.2 Затраты предприятия при возникновении несчастного случая

В соответствии с Приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 24 февраля 2005 г. №160 «Об определении степени тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве» [18], несчастные случаи на производстве подразделяются на 2 категории:

- тяжелые несчастные случаи (например, кровопотеря более 20%, кома, проникающие ранения черепа или позвоночника, термические и радиационные ожоги, потеря зрения/слуха/речи, потеря органа или утрата его функций, психические расстройства, утрата репродуктивной функции, летальный исход);
- легкие несчастные случаи – остальные повреждения, не относящиеся к тяжелым случаям.

Существуют различные классификации затрат и их описание, возникающие в результате травмирования работников на производстве. В соответствии с одной из теорий, предложенной МОТ, затраты предприятия разделяют:

- прямые затраты, возникшие непосредственно вследствие несчастного случая;
- косвенные – остальная часть затрат.

Помимо разделения затрат на прямые и косвенные, их также классифицируют по группам, каждая из которых содержит определённые статьи затрат.

#### 1. Первоочередные затраты и потери:

- заработная плата в день несчастного случая начисляется пострадавшему за всю рабочую смену, включая не отработанные часы

(затраты предприятия вычисляются как сумма часов с момента инцидента до конца смены с учетом стоимости одного часа работы);

- транспортировка пострадавшего осуществляется за счет средств предприятия (если транспортным средством не являлась машина «скорой помощи»).

2. Затраты и потери, связанные с нарушением производственного процесса:

- вследствие инцидента существует вероятность того, что другие работники вынуждены быть отвлеченными от выполнения своих трудовых обязанностей, но заработная плата им при этом начисляется;
- затраты, направленные на восстановление безопасных условий труда на месте инцидента.

3. Ущерб, нанесенный предприятию вследствие порчи оборудования, сырья, материалов, готовой продукции, разрушения зданий и сооружений:

- затраты на замену или ремонт инструмента и оборудования;
- стоимость испорченного сырья и материалов, не пригодных для их дальнейшего использования в производстве.

4. Затраты на реорганизацию производственного процесса:

- арендная плата за оборудование и инструмент, если собственное подлежит ремонту и временно не используется вследствие произошедшего инцидента;

5. Затраты на проведение расследования несчастного случая:

- оплата работы членов комиссии (не менее трех человек) по расследованию несчастного случая (при привлечении сторонних лиц им оплачивается проезд, питание, проживание, суточные); требования к составу комиссии определены статьей 229 ТК РФ [19];
- оплата работы экспертов и проведения экспертиз (лабораторные исследования, испытания, технические расчеты).

6. Затраты на реализацию решений комиссии по расследованию несчастного случая:

- стоимость работ по ликвидации причин возникновения несчастного случая (например, перепланировка, установка защитных устройств);
- затраты на услуги юристов и судебные издержки.

3.2.1 Затраты, связанные с лечением и реабилитацией пострадавшего:

- затраты на медицинские процедуры, лечение и приобретение медикаментов (коллективным договором могут быть предусмотрены дополнительные выплаты пострадавшему помимо соответствующего возмещения из средств фондов);

- оплата больничного листа (периода временной нетрудоспособности): первые три дня за счет средств работодателя, остальной срок за счет средств ФСС РФ;

- затраты на внеочередную проверку знаний пострадавшего;

- оплата санаторно-курортного лечения (по усмотрению работодателя).

#### 8. Единовременные выплаты:

- работодатель может оказать материальную помощь членам семьи на погребение пострадавшего;

- материальная помощь семье пострадавшего.

Таким образом, при возникновении несчастного случая согласно указанным выше статьям можно определить материальные затраты предприятия.

### 3.2.1 Обстоятельства несчастного случая и оценка затрат

При проведении работ на высоте электромонтером по ремонту воздушных линий электропередачи существует вероятность травмирования работника в результате падения. Наиболее вероятные последствия для здоровья работника в результате падения:

- получение травмы тяжелой степени тяжести (восстановление работоспособности через пять месяцев);

- получение травмы тяжелой степени тяжести с летальным исходом.

Определим материальные затраты организации вследствие падения с высоты электромонтера по ремонту воздушных линий электропередачи (таблица 4) с учетом реализуемых статей по затратам, описанных в предыдущем подразделе.

Таблица 4 – Финансовые потери вследствие несчастного случая с электромонтером

<b>Статья расходов и потерь</b>	<b>Тяжелый НС (переломы, травма позвоночника, 5 мес. больничного)</b>	<b>Летальный исход</b>
<i>Первоочередные затраты и потери</i>		
Заработная плата пострадавшего в день, когда произошел несчастный случай на производстве	863 руб.	863 руб.
Затраты на транспортировку пострадавшего в лечебное учреждение или домой (стоимость бензина)	1000 руб.	1000 руб.
Упущенная прибыль организации (недоотпуск электроэнергии)	1025 руб.	1025 руб.
<i>Затраты и потери, связанные с нарушением производственного процесса</i>		
Затраты на восстановление безопасных условий труда на месте происшествия (восстановление изоляторов, проверка опор, восстановление пола, натяжение проводов)	7000 руб.	7000 руб.
<i>Материальный ущерб, нанесенный организации вследствие порчи оборудования, инструментов, сырья, материалов, готовой продукции, зданий и сооружений</i>		
Стоимость испорченного оборудования (стоимость изоляторов)	3000 руб.	3000 руб.
Стоимость испорченных инструментов (поломка рукояток)	5000 руб.	5000 руб.
Стоимость разрушенных зданий и сооружений (накренилась опора)	7500 руб.	7500 руб.
<i>Затраты организации на реорганизацию производственного процесса</i>		
Оплата сверхурочных работ работнику организации, выполняющему работу пострадавшего (пострадавших) в период его временной нетрудоспособности	$172,6 \cdot 1,5 \cdot 2ч = 517,8$ $172,6 \cdot 2 \cdot 3ч = 1035,6$ Итого: 1553,4 руб.	Итого: 1553,4 руб.
Расходы на организацию надлежащих условий труда нанятого работника (обеспечение средствами индивидуальной защиты)	65000 руб.	65000 руб.
Переобучение пострадавшего/нового работника в специальной организации (для работы на высоте)	2500 руб.	2500 руб.
<i>Затраты на проведение расследования несчастного случая</i>		

Расходы по обеспечению работы членов комиссии (командировочные расходы)		
Оплата работы экспертов и проведения экспертиз		
<i>Затраты, связанные с лечением и реабилитацией пострадавшего</i>		
Санаторно-курортное лечение, реабилитация (стоимость путевки и протезов/инвалидной коляски)	170000 руб.	—
Оплата временной нетрудоспособности (первые три дня выплаты из средств работодателя)	$1380,8 \cdot 3 = 4142,4$ руб.	—
<i>Расходы, связанные с временным переводом пострадавшего на более легкую (нижеоплачиваемую работу) работу</i>		
Затраты на переобучение пострадавшего (для работы на высоте)	2500 руб.	—
<i>Расходы, связанные со смертью пострадавшего</i>		
Дополнительные выплаты семье пострадавшего со смертельным исходом (помимо получения соответствующего возмещения из средств ФСС РФ), предусмотренные коллективным договором (каждому иждивенцу до наступления совершеннолетия 3000 руб./месяц). Двое детей: 8 лет, 13 лет.	—	$3000 \cdot 12 \cdot 10 = 360000$ руб. $3000 \cdot 12 \cdot 5 = 180000$ Итого: 540000 руб.
<i>Единовременные выплаты</i>		
Затраты на погребение	—	5000
<i>Выплата штрафов</i>		
Административное взыскание за нарушение требований охраны труда (возникновения НС)	40000 руб.	40000 руб.
<b>ИТОГО:</b>	<b>311 083,8</b>	<b>679 441,4</b>

Из итоговых затрат предприятия в случае возникновения тяжелого НС и НС со смертельным исходом можно сделать вывод о том, что во втором случае предприятие несет более значительные убытки.

Необходимо учитывать, что предприятие также несет потери и в последующие годы после наступления несчастного случая, например, потеря

скидок и увеличение надбавок к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве.

### 3.3 Оценка вероятности возникновения несчастного случая

В данном исследовании вероятность возникновения несчастного случая определяется с применением метода дерева причин, с помощью которого выявляются только причины, непосредственно приводящие к конкретному инциденту, что является основным преимуществом данного метода.[20]

При построении дерева причин необходимо определить головное событие, а затем его предпосылки – промежуточные события которые привели к головному событию. Промежуточные события вновь принимаются в качестве вершины «дерева», и такой процесс деления продолжается до тех пор, пока не будет достигнута максимальная детализация рассматриваемого случая в виде исходных (начальных) событий.

Для проведения качественного анализа дерева причин сопоставляют варианты путей от исходных событий к головному.[21]

Количественный анализ осуществляется с применением логических знаков:

– «И» означает совместное, одновременное действие факторов (причин), вероятность определяется по формуле:

$$P = P_1 P_2 \dots P_n = \prod_{i=1}^n P_i$$

где  $P$  – вероятность возникновения головного события;

$P_1, P_2 \dots P_n$  – вероятности соответствующих событий 1, 2...n.

– «ИЛИ» означает, что событие произойдет при условии возникновения одного либо нескольких предшествующих событий (их комбинации), вероятность определяется по формуле

$$P = 1 - (1 - P_1) * (1 - P_2) \dots (1 - P_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i)$$

Проведя анализ возможных причин, которые могут привести к падению с высоты работника, построим дерево причин травмирования электромонтера по

ремонт воздушных линий электропередачи работника при проведении им работ на высоте (рисунок 4)

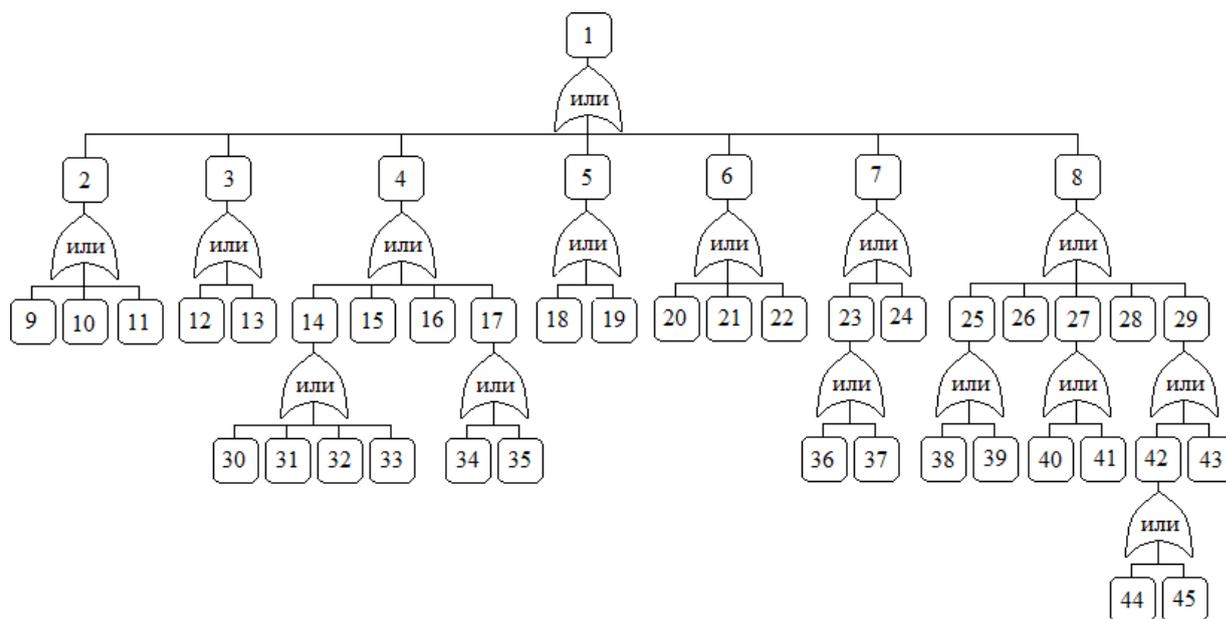


Рисунок 4 – Дерево причин травмирования работника при выполнении работ на высоте

1	падение с высоты;
2	выполнение работ при неблагоприятных внешних условиях;
3	выполнение работ без использования СИЗ;
4	неисправность СИЗ;
5	рабочее место не подготовлено перед началом выполнения работ;
6	нарушение координации движений работника;
7	нарушение работником требований безопасности при выполнении работ на высоте;
8	нарушение требований применения СИЗ;
9	производство работ в открытых местах при скорости воздушного потока более 15 м/с;
10	производство работ при грозе/тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ;
11	производство работ при гололеде;
12	работодатель не обеспечил работника необходимыми СИЗ;
13	работник преднамеренно не использует выданные СИЗ;
14	износ элементов СИЗ;
15	отсутствие регулярных проверок исправности СИЗ;
16	СИЗ содержится в неисправном состоянии;
17	СИЗ не выдержали нагрузки при проведении работ;
18	не проверена целостность конструкций на рабочем месте;

19	рабочее место не осмотрено на наличие несоответствий перед началом выполнения работ;
20	нахождение работника в состоянии алкогольного/наркотического опьянения;
21	выполнение работ в состоянии болезни;
22	внезапное ухудшение самочувствия работника при выполнении работ;
23	незнание требований безопасного выполнения работ;
24	преднамеренное нарушение требований безопасности;
25	нарушение требований эксплуатации анкерного устройства;
26	применение СИЗ без соответствующих маркировок;
27	работник не обладает практическими навыками применения СИЗ;
28	применение когтей-лазов без страховочной привязи;
29	СИЗ не осмотрены на наличие видимых дефектов перед началом выполнения работ;
30	СИЗ с пониженными защитными свойствами своевременно не заменены;
31	применение СИЗ по истечении срока годности;
32	надежность элементов СИЗ своевременно не проверена;
33	ненадлежащие условия хранения СИЗ;
34	неверно подобрано назначение СИЗ;
35	применение СИЗ без проведения испытаний;
36	отсутствие опыта в связи с небольшим стажем работника;
37	неэффективное обучение работника;
38	надежность анкерного устройства не проверена;
39	неверный выбор места установки анкерного устройства;
40	отсутствие опыта в связи с небольшим стажем работника;
41	стажировка работника не проведена;
42	работник не обладает практическими навыками осмотра СИЗ;
43	работник пренебрегает осмотром СИЗ;
44	неэффективное проведение стажировки;
45	отсутствие опыта в связи с небольшим стажем работника.

Вероятность событий определена методом экспертной оценки на основе проведения анкетирования. Данный способ опроса основан на предварительном сборе мнений экспертов с помощью разработанной анкеты.[22 25] Преимуществами метода являются оперативность, возможность использования знаний эксперта и независимость мнений экспертов, низкие затраты на проведение опроса[23,24]

Полученные данные после проведения опроса были обработаны с помощью программного продукта «STATISTICA» с целью получения степени согласованности мнений экспертов на основании коэффициента конкордации Кендалла. В результате получилось значение 0,51 ( $>0,4$ ), согласно которому можно сделать вывод о том, что мнения экспертов согласованы, и эти данные можно использовать для расчета вероятности падения с высоты.

В качестве примера рассмотрим развитие событий № 14–17 дерева причин (рисунок 3), которые могут привести к падению с высоты вследствие неисправности СИЗ.

К событию № 14 ведут события № 30, № 31, № 32, № 33 через логический знак «ИЛИ». С использованием формулы проводится расчет:

$$P_{14} = 1 - (1 - P_{30}) * (1 - P_{31}) * (1 - P_{32}) * (1 - P_{33})$$

$$\begin{aligned} P_{14} &= 1 - (1 - 0,8020200) * (1 - 0,086000) * (1 - 0,08200) * (1 - 0,004240) \\ &= 0,169732 \end{aligned}$$

Аналогично находим вероятность события № 17:

$$\begin{aligned} P_{17} &= 1 - (1 - P_{34}) * (1 - P_{35}) = 1 - (1 - 0,004222) * (1 - 0,066000) \\ &= 0,069943 \end{aligned}$$

Таким образом, зная вероятности событий № 14, № 15, № 16, № 17 рассчитаем вероятность падения с высоты вследствие неисправности СИЗ:

$$P_4 = 1 - (1 - P_{14}) * (1 - P_{15}) * (1 - P_{16}) * (1 - P_{17})$$

$$\begin{aligned} P_4 &= 1 - (1 - 0,169732) * (1 - 0,060400) * (1 - 0,062200) * (1 - 0,069943) \\ &= 0,319574 \end{aligned}$$

Расчет вероятностей остальных событий производился аналогичным образом. Ранжирование вероятностей конечных исходов по результатам экспертной оценки приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Вероятности конечных исходов, приводящих к падению с высоты

Название конечного исхода	Вероятность конечного исхода (качественная и количественная оценка)	Наиболее вероятные причины возникновения конечных исходов
Неисправность СИЗ	0,32 (почти наверняка)	– износ элементов СИЗ; – СИЗ не выдержали нагрузки при проведении работ.
Нарушение требований применения СИЗ	0,28 (почти наверняка)	– работник не обладает практическими навыками применения СИЗ; – применение когтей-лазов без страховочной привязи; – СИЗ не осмотрены на наличие видимых дефектов перед началом выполнения работ
Выполнение работ без использования СИЗ	0,20 (почти наверняка)	– работник преднамеренно не использует выданные СИЗ; – работодатель не обеспечил работника необходимыми СИЗ.
Выполнение работ при неблагоприятных внешних условиях	0,18 (почти наверняка)	– производство работ при гололеде; – производство работ в открытых местах при скорости воздушного потока более 15 м/с.
Нарушение работником требований безопасности при выполнении работ на высоте	0,08 (очень вероятно)	– незнание требований безопасного выполнения работ.
Нарушение координации движений работника	0,07 (очень вероятно)	– нахождение работника в состоянии алкогольного/наркотического опьянения; – внезапное ухудшение самочувствия работника при выполнении работ.
Рабочее место не подготовлено перед началом выполнения работ	0,05 (очень вероятно)	– рабочее место не осмотрено на наличие несоответствий перед началом выполнения работ

Ранжирование наиболее вероятных начальных событий приведено в таблице 6.

Таблица 6 – Ранжирование наиболее вероятных начальных событий

Вероятность начальных событий	Начальное событие	
	№	Название
0,106	12	Работодатель не обеспечил работника необходимыми СИЗ

0,106	13	Работник преднамеренно не использует выданные СИЗ
0,086	31	Применение СИЗ по истечении срока годности
0,086	28	Применение когтей-лазов без страховочной привязи;
0,086	11	Производство работ при гололеде
0,080	30	СИЗ с пониженными защитными свойствами своевременно не заменены
0,066	9	Производство работ в открытых местах при скорости воздушного потока более 15 м/с
0,066	35	Применение СИЗ без проведения испытаний
0,066	41	Стажировка работника не проведена
0,062	16	СИЗ содержится в неисправном состоянии
0,060	15	Отсутствие регулярных проверок исправности СИЗ

В результате расчета значение вероятности наступления головного события – падение с высоты составляет 0,74 – почти наверняка. На основании вероятностей, представленных в таблице 6, можно сделать вывод о том, что возникновению падения с высоты способствуют четыре наиболее вероятных события: неисправность СИЗ, нарушение требований применения СИЗ, выполнение работ без использования СИЗ, выполнение работ при неблагоприятных внешних условиях.

### 3.3.1 Определение величины риска

Величина риска для тяжелого и смертельного НС определяется исходя из тяжести последствий и вероятности возникновения НС. Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Величина риска

Тяжесть, руб.		Вероятность возникновения НС в течение года	Риск, руб./год	
Тяжелый НС	Летальный исход		Тяжелый НС	Летальный исход
311 083,8	679 441,4	0,74	230 202	502 787

Из таблицы видно, что величина риска при возникновении НС с летальным исходом выше величины риска при возникновении тяжелого НС с

электромонтером по ремонту воздушных линий электропередачи в АО «Черногорэнерго».

### 3.4 Рекомендации по снижению риска

Снижение риска предполагает выполнение рекомендаций организационного характера, которые можно разделить на следующие группы мероприятий:

- работодатель обязан обеспечить работника полным комплектом СИЗ;
- соблюдение норм хранения, осуществление своевременной замены СИЗ с пониженными защитными свойствами, а также по истечении срока годности;
- организация хранения СИЗ в исправном состоянии (прошедших испытания, имеющие техническую документацию с указанием предназначения), осуществление регулярных и своевременных проверок исправности СИЗ, а также надежности их элементов;
- контроль ответственным лицом осуществления работ только при допустимых внешних погодных условиях;
- надлежащая организация обучения работника с проведением инструктажей и стажировок, а также работы разъяснительного характера об обязательном применении полного комплекта выданных СИЗ и о необходимости его предварительного осмотра;
- осуществление проверки состояния работника перед выполнением работ на наличие даже незначительных отклонений здоровья, а также прохождение тестирования на алкоголь и наркотики.

Соблюдение указанных мероприятий в комплексе позволит осуществить все необходимые подготовительные процедуры перед выполнением работ на высоте.

Чтобы уменьшить величину риска падения с высоты целесообразно воздействовать на начальные события, которые имеют наибольшую вероятность.

### 3.5. Расчет мероприятий по снижению риска

Для снижения вероятности начальных событий, приводящих к падению с высоты, предлагается провести ряд мероприятий, которые приведены в таблице 8

Таблица 8 – Мероприятия, снижающие вероятность возникновения начальных событий

Вероятность начальных событий	Номер начального события	Название начального события	Мероприятия	
			Не требуют дополнительных материальных вложений	Требуют дополнительных материальных вложений
0,066	9	Производство работ в открытых местах при скорости воздушного потока более 15 м/с	Контроль	Автоматизация оформления наряд-допуска
0,086	11	Производство работ при гололеде	Контроль	Автоматизация оформления наряд-допуска
0,106	12	Работодатель не обеспечил работника необходимыми СИЗ	Назначение ответственного лица	Закупка современного комплекта СИЗ
0,106	13	Работник преднамеренно не использует выданные СИЗ	Назначение ответственного лица	Обучение инструктора
0,0604	15	Отсутствие регулярных проверок исправности СИЗ	Назначение ответственного лица	Автоматизация оформления наряд-допуска
0,0622	16	СИЗ содержится в неисправном состоянии	Назначение ответственного лица	Обучение инструктора
0,0802	30	СИЗ с пониженными защитными свойствами своевременно не заменены	Назначение ответственного лица	Автоматизация оформления наряд-допуска, закупка современного комплекта СИЗ
0,086	31	Применение СИЗ по истечении срока годности	Назначение ответственного лица	Автоматизация оформления наряд-допуска, закупка современного комплекта СИЗ
0,086	28	Применение когтей-лазов без страховочной привязи;	Назначение ответственного лица	Обучение инструктора, закупка современного комплекта СИЗ
0,066	41	Стажировка работника не проведена	Назначение ответственного лица	Автоматизация оформления наряд-допуска

0,044	20	Нахождение работника в состоянии алкогольного/наркотического опьянения	Контроль	Осмотр медицинским работником перел выполнением работ повышенной опасности
0,044	38	Надежность анкерного устройства не проверена	Назначение ответственного лица	Обучение инструктора
0,040	37	Неэффективное обучение работника	Назначение ответственного лица	Обучение инструктора

Проведем расчет эффективности мероприятий по снижению риска, указанных в таблице 8, исходя из предположения, что реализация данных мероприятий позволит свести к минимуму вероятности появления начальных событий, приводящих к падению с высоты.

Функцию контроля предлагается осуществить с помощью внедрения автоматизированного процесса заполнения наряд-допуска, который позволит руководителю дистанционно контролировать выполнение необходимых требований, что способствует повышению эффективности организационных мероприятий.

Ответственное лицо назначается руководителем на основании должностных инструкций работников, где отмечены их трудовые функции.

Для начала необходимо определить стоимость материальных затрат:

- на осуществление автоматизации процесса оформления наряд-допуска: установка программного продукта стоимостью 9700 руб.;
- на организацию обеспечения работника СИЗ в соответствии с нормами: стоимость комплекта СИЗ для работ на высоте составляет 65000 руб.;
- на обучение инструктора с целью повышения эффективности обучения и проведения стажировок стоимостью 20000 руб.;
- на осмотр медицинским работником (предсменный) с целью выявления отклонений в состоянии работника: оплата труда в размере 29640 руб.

Определим градацию этих трех мероприятий, влияющих на величину риска падения с высоты. Поочередное осуществление одного из трех мероприятий снижает вероятность разных начальных событий, соответственно меняется и величина риска (таблица 9).

Таблица 9 – Ранжирование мероприятий по охране труда в зависимости от величины вероятности

Мероприятие	Величина риска падения с высоты	Снижение величины риска падения с высоты от первоначального, %
Закупка комплекта СИЗ	0,592789	20
Автоматизация оформления наряд-допуска	0,669287	9
Обучение инструктора	0,687202	8
Осмотр медицинским работником	0,732717	1

Действие мероприятий в совокупности снизит риск до значения 0,45 (на 39 % ниже первоначального значения), среди которых «закупка комплекта СИЗ» вносит наибольший вклад в минимизацию.

Оценка чистого экономического эффекта при осуществлении мероприятий по улучшению охраны труда определяется по формуле:

$$\text{ЧЭЭ} = \text{Э} - \text{З} = (R_{\text{до}} - R_{\text{после}}) - \text{З}$$

где Э – эффект от внедрения мероприятий, руб./год;

$R_{\text{до}}$  – величина риска до внедрения мероприятий, рассчитываемая как произведение вероятности до внедрения мероприятия и тяжести последствий, руб/год;

$R_{\text{после}}$  – величина риска после внедрения мероприятия, рассчитываемая как произведение вероятности после внедрения мероприятия и тяжести последствий, руб./год;

З – затраты на мероприятие, руб./год.

Результаты расчета чистого экономического эффекта от реализации каждого мероприятия и их совокупности для наихудшего исхода представлены в таблице 10 с указанием необходимых значений параметров.

Таблица 10 – Чистый экономический эффект от реализации мероприятий по охране труда

Мероприятие	Затраты, руб./год	Эффект, руб./год	ЧЭЭ, руб./год
Внедрение автоматизации оформления наряд-допуска	9700	48641	38941
Закупка комплекта СИЗ	65000	102223	37223
Обучение инструктора	20000	36092	16092
Осмотр медицинским работником	29640	4212	-25428
Совокупность всех мероприятий	144340	202238	57899

Таким образом, расчет эффективности мероприятий по охране труда подтверждает ранее сделанный вывод о целесообразности осуществления двух мероприятий: закупки комплекта СИЗ и внедрения автоматизации оформления наряд-допуска.

## 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цель выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» являются расчет экономических показателей проекта, разработка плана выполнения работ, расчет бюджета, выполнение оценки конкурентоспособности и ресурсоэффективности проекта.

В данном разделе решаются следующие задачи:

- Анализ конкурентных технических решений;
- Провести SWOT – анализ;
- Планирование и организация научного исследования (НИ);
- Рассчитать бюджет проекта НИ;
- Оценить ресурсную эффективность НИ.

4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Данный раздел посвящен детальному анализу конкурирующих поставщиков различного электрооборудования, существующих на рынке.

Анализ произведен с помощью оценочной карты, представленной в таблице 1.

Для анализа был выбран турбогенератор типа ТВФ-100-2УЗ. Основным предназначением данного агрегата является преобразование энергии механического типа, получаемой вследствие вращения турбины в электрическую. Данное преобразование является результатом вращения

магнитного поля самого ротора в статоре. Возникает это поле из-за установленного на роторе магнита или тока постоянного напряжения. Это способствует возникновению тока в обмотках статора, а также переменного

трёхфазного напряжения. Они прямо пропорциональны этому полю.

Рассмотрим трех производителей, выпускающих данное электрооборудование: ОАО «Силловые машины», ОАО «Элсиб» и «Элмаш-М».

Анализ конкурентных технических решений определяется по следующей формуле:

$$K = \sum B_i \cdot Б_i,$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Элсиб	Силловые Машины	Элмаш-М	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность	0,17	4	4	4	0,68	0,68	0,68
2. Безопасность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Качество изготовления	0,25	5	5	5	1,25	1,25	1,25
4. Уровень шума	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
5. Простота эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
6. КПД	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Сервис	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
2. Цена	0,2	5	5	4	1	1	0,8
3. Срок эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
4. Доставка	0,15	5	5	3	0,25	0,25	0,15
5. Срок выхода на рынок	0,01	4	4	2	0,04	0,04	0,02
Итого	1				3,95	4,05	3,78

По результатам таблицы 11 можно сделать вывод, что приобретение турбогенератора ТВФ-100-2У3 фирмы ОАО «Силловые машины» как по

техническим, там и по экономическим критериям преобладает над продукцией других компаний. Данное превосходство достигается за счет повышенных показателей эксплуатации и уровню шума, а также лучшим сервисом по сравнению с конкурентной продукцией.

Компания ОАО «Силовые машины» существует с 1898 г. (ранее завод назывался «Электросила»); она имеет большой опыт, гарантию качества. Продукция одобрена в различных отраслях промышленности. Компания также предоставляет хороший сервис.

#### 4.3 SWOT - Анализ

SWOT – это акроним слов Strengths (силы), Weaknesses (слабости), Opportunities (благоприятные возможности) и Threats (угрозы).

Внутренняя

обстановка фирмы отражается в основном в S и W, а внешняя – в O и T. SWOT- анализ позволяет определить причины эффективной или неэффективной работы компании на рынке, это сжатый анализ маркетинговой информации, на основании которого делается вывод о том, в каком направлении организация должна развивать свой бизнес и в конечном итоге определяется распределение ресурсов по сегментам.

В Таблице 12 представлена матрица решений для SWOT-анализ

Таблица 12 – Матрица SWOT

	Возможности (O)	Угрозы (T)
	-Расположение вблизи мест добычи источников сырья -Постоянно растущий спрос на Электроэнергию -Отсутствие конкуренции	-Вредные выбросы в окружающую среду при эксплуатации ТЭЦ -Работа ТЭЦ за счет не возобновляемых источников энергии
Сильные стороны (S)	-Установка оборудования с большей установленной мощностью с учетом ожидаемого увеличения спроса	-Установка и использование всевозможных фильтров, уменьшающих вредный выброс в окружающую
-Государственная поддержка -Квалифицированный		

персонал -Надежность производства электроэнергии на подобных станциях	на электроэнергию -Производство качественной электроэнергии за счет Квалифицированного Персонала	среду
Слабые стороны (W) -Большой срок окупаемости -Дефицит инвесторов -Низкий коэффициент полезного действия (30%)	-За счет работы станции на полную мощность уменьшить срок окупаемости проекта -Привлечение инвесторов при помощи государства за счет некоторых привилегий (пониженное налогообложение)	-Увеличение КПД за счет совершенствования термодинамического цикла: А именно применением промежуточного перегрева пара и регенеративного подогрева конденсата и питательной воды паром из отборов турбины

Из SWOT-анализа разрабатываемого проекта можно сделать вывод о том, что возможность строительства ТЭЦ напрямую зависит от наличия поддержки со стороны государства, а также капиталовложений со стороны инвесторов. Так же видно, что угрозы имеют малый вес и действие угроз можно уменьшить, например, избавиться от выбросов в атмосферу с помощью использования специальных фильтров.

#### 4.4 Планирование научно – исследовательских работ

Формирование плана и графика разработки необходимо для своевременного выполнения проекта. Необходимо сформировать рабочую группу и разработать план. Рабочая группа состоит из руководителя и проектировщика. Этапы работ могут выполняться как одним, так и двумя исполнителями.

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.

#### 4.5 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: руководитель проекта и инженер-проектировщик. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 13).

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка тематики проекта	1	Составление и утверждение технического задания	Р
Подбор и знакомство с технической литературой	2	Выбор необходимой литературы	Р
	3	Изучение литературы	П
Планирование	4	Составление календарного плана работ	П
			Р
Выполнение расчетной части НИ	5	Расчет баланса мощностей	П
	6	Описание схемы расчетного присоединения	
	7	Выбор основного электрооборудования КЭС	
	8	Выбор коммутационного оборудования	
	9	Проектирование измерительной подсистемы	
	10	Выполнение чертежа схемы ОРУ	
Разработка экономической части проекта	11	Анализ конкурентных технических решений	П
	12	Определение бюджета НИ	Р

Выполнение раздела социальной ответственности	13	Анализ воздействия спроектированной электростанции на окружающую среду	П
Оформление пояснительной записки и чертежей	14	Составление ПЗ и чертежей	П

Составленная таблица этапов работ позволяет определить последовательность выполнения НИ и эффективно распределить роли исполнителей по этапам планирования работ НИ. Как можно увидеть из таблицы, основная нагрузка выполнения работ возлагается на инженера-проектировщика.

#### 4.6 Определение трудоемкости работ

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

Стоимость проектирования определяется, помимо всего прочего, трудовыми затратами. Для этого определяется трудоемкость каждого исполнителя, которая оценивается вероятностно, в связи с различными факторами процесса.

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

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

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

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

Определение трудоемкости работ позволяет рассчитать время, необходимое для выполнения определенного этапа одним исполнителем в чел.-дн. Данный расчет необходим далее для составления календарного графика выполнения работ.

#### 4.7 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}$$

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

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

$k_{кал}$  - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

На основе таблицы 13 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней). При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 14 – Календарный план-график проведения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни		$t_{\text{max}}$ , чел-дни		$t_{\text{ож}}$ , чел-дни					
	Руководитель проекта	Инженер-проектировщик	Руководитель проекта	Инженер-проектировщик	Руководитель проекта	Инженер-проектировщик	Руководитель проекта	Инженер-проектировщик	Руководитель проекта	Инженер-проектировщик
Составление и утверждение технического задания	1	—	2	—	1,4	—	—	2	—	3
Выбор необходимой литературы	1	—	2	—	1,4	—	—	2	—	3
Изучение литературы	—	3	—	5	—	3,8	—	4	—	6
Составление календарного плана работ	1		2		1,4		1		2	
Расчет баланса мощностей	—	3	—	6	—	4,2	—	5	—	8
Описание схемы расчетного соединения	—	4	—	7	—	5,2	—	6	—	9

Выбор основного электрооборудования	—	8	—	11	—	9,2	—	10		15
Выбор коммутационного электрооборудования	—	5	—	7	—	5,8	—	6	—	9
Проектирование измерительной подсистемы	—	3	—	5	—	3,8	—	4	—	6
Выполнение чертежа ОРУ	—	4	—	6	—	4,8	—	5		8
Анализ конкурентных технических решений	—	3	—	5	—	3,8	—	4	—	6
Определение бюджета НИ	3	—	5	—	3,8	—	4	—	6	—
Анализ воздействия спроектированной электростанции на окр. среду	—	7	—	8	—	7,4	—	8	—	12
Составление ПЗ и чертежей	—	2	—	4	—	2,8	—	3	—	5

Таблица 15 – График проведения НИ

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>Ki</sub> , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль					март			апрель				май	
				1-3	4-6	7-12	13-14	15-22	23-2	3-17	18-26	27-1	2-9	10-15	16-21	22-3	4-8
1	Составление и утверждение технического задания	Р	3	■													
2	Выбор необходимой литературы	Р	3		■												
3	Изучение литературы	И	6			■											
4	Составление календарного плана работ	Р,И	2				■	■									
5	Расчет баланса мощностей	И	8					■									
6	Описание схемы расчетного соединения	И	9						■								
7	Выбор основного электрооборудования	И	15							■							
8	Выбор коммутационного электрооборудования	И	9								■						
9	Проектирование измерительной подсистемы	И	6									■					
10	Выполнение чертежа РУ	И	8										■				
11	Анализ конкурентных технических решений	И	6											■			
12	Определение бюджета НИ	Р	6												■		
13	Анализ воздействия спроектированной электростанции на окр.среду	И	12													■	
14	Составление ПЗ и чертежей	И	5													■	

■ - Руководитель проекта; ■ - Инженер-проектировщик

По произведенным расчетам трудоемкости выполнения работ и составления последовательности выполнения этапов работ НИ был составлен календарный план-график выполнения работ и диаграмма Гантта. Это позволяет рассчитать сроки выполнения данного НИ в календарных днях, начиная от 1 февраля 2022 года.

Также по диаграмме Гантта наглядно можно увидеть какой исполнитель выполняет определенный этап и в какой срок.

#### 4.8 Расчет затрат на проектирование

Для расчета бюджета необходимо учитывать необходимые статьи затрат:

- материальные затраты;
- амортизационные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

##### **Расчет материальных затрат**

В таблице 6 представлена смета на канцелярские расходы.

Таблица 16 – Канцелярские расходы

№	Наименование	Кол-во ед.	Цена ед., руб.	Общая стоимость, руб
1	Бумага печатная (упаковка)	5	400	2000
2	Ручки, карандаши	10	70	700
3	Бумага обычная (тетрадь 18 листов)	5	15	70
4	Скобы для степлера	2	50	100
Итого:		2870		

##### **Расчет стоимости программного обеспечения и оборудования**

В данном пункте рассчитывается количество потраченных средств на приобретение компьютерной техники и программного софта. Данные сведены в Таблицу 17 и Таблицу 18.

Таблица 17 – Программное обеспечение и оборудование

№	Наименование	Кол-во ед.	Цена ед., руб.	Общая стоимость, руб.
1	Microsoft Office Professional Plus 2019	1	35 000	35 000
2	Microsoft Visio Professional 2019	1	40 000	40 000
Итого		75 000		

Стоимость затрат на программное обеспечение будет равна 65 тыс. рублей с учетом новейшего ПО используемого при проектировании.

Таблица 18 – Компьютерное оборудование

№	Наименование изделия	Кол-во ед.	Цена ед., руб.	Общая стоимость, руб.
1	Ноутбук	1	50 000	50 000
Итого		50 000		

Общая стоимость затрат на компьютерное оборудование, а точнее ноутбука с хорошими техническими показателями, будет равна 50 тыс. рублей.

### Расчет амортизации

Так как затраты на оборудование превышают 40 тыс. рублей, то расчет амортизации проводить целесообразно. Рассчитаем амортизацию для оборудования следующим образом:

- где  $HA$  – норма амортизации;
- $n$  – срок полезного использования в количествах лет;
- где  $I$  – итоговая сумма в руб.;
- $m$  – время использования в месяцах; Теперь произведем расчет для оборудования:

$$H_{A2} = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33$$

Рекомендуем полезный срок использования для компьютера 3 года ( $n = 3$ )

Тогда амортизационные расходы будут равны:

$$A = \frac{H_{A2} * I}{12} * m = \frac{0,33 * 50000}{12} * 2 = 2750$$

## Основная заработная плата

В данную тему включается заработная плата инженера и руководителя.

Основная заработная плата (руководителя, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя и инженера рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{зп} = Z_{дн} + T_p$$

Где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле: Для 5-дневной недели:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M * M}{F_d}$$

где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.  $M$  – кол-во месяцев работы без отпуска в течение года:

При отпуске в 24 раб. Дня  $M=11,2$  месяца при 5-дневной рабочей недели;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дни (таблица 19).

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Инженер	Руководитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни;	48	44
- праздничные дни.	14	14
Потеря рабочего времени	28	56
- отпуск;		
- невыходы по болезни		

Действительный годовой фонд рабочего времени	275	251
--	-----	-----

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} * (1 + k_{PP} + k_D) * k_P$$

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

$k_{PP} = 0,3$  – премиальный коэффициент;

$k_D = 0,2$  – коэффициент доплаты надбавок;

$k_P = 1,7$  – районный коэффициент для Нижневартовска.

Пример расчета основной заработной платы для руководителя проекта:

$$Z_M = Z_{TC} * (1 + k_{PP} + k_D) * k_P = 36174 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,7 = 92243,7 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M * M}{F_D} = \frac{92243,7 * 11,2}{251} = 4116,05 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p = 4116,05 * 14 = 57624,70 \text{ руб.}$$

Пример расчета основной заработной платы для инженера-проектировщика:

$$Z_M = Z_{TC} * (1 + k_{PP} + k_D) * k_P = 26611 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,7 = 55108 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M * M}{F_D} = \frac{55108 * 11,2}{275} = 2244,39 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p = 2244,39 * 86 = 193018,27 \text{ руб.}$$

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{TC}$ , руб	$k_{PP}$	$k_D$	$k_P$	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель проекта	36174	0,3	0,2	1,7	92243,7	4116,05	14	57624,70
Инженер	21611	0,3	0,2	1,7	55108	2244,39	86	193018,27
Итого								250642,97

В ходе выполнения данного пункта была рассчитана основная заработная плана сотрудников, выполняющих НИ. Как видно из таблицы 6 итоговые выплаты ЗП составляют 250642,97 руб.

### **Дополнительная заработная плата**

За отклонение от нормы согласно ТК РФ, предусматривается выплата дополнительной заработной платы.

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} * k_{\text{доп}}$$

где  $k_{\text{доп}} = 0,15$  – коэффициент дополнительной заработной платы.

Пример расчета дополнительной заработной платы для руководителя проекта:

$$З_{\text{доп}} = 57624,70 * 0,15 = 8643,7 \text{ руб.}$$

Пример расчета дополнительной заработной платы для руководителя проекта:

$$З_{\text{доп}} = 193018,27 * 0,15 = 28952,74 \text{ руб.}$$

Таким образом, в данном пункте рассчитана дополнительная ЗП сотрудников, составляющая 15% от основной ЗП. Итоговая величина дополнительной ЗП составляет 37596,44 руб.

### **Отчисление во внебюджетные фонды**

При оплате труда работодатель сталкивается с платежами во внебюджетные фонды. С вознаграждений работникам предприятия в 2022 году, по трудовым договорам уплачиваются взносы в Пенсионный фонд (ПФР), в Фонд обязательного медицинского страхования (ФФОМС) и в Фонд социального страхования (ФСС). На основании пункта 1 ст.58 закона №212 – ФЗ от 24 июля 2009 года

Общие тарифы в 2022 году составляют в ПФР – 22%, в ФФОМС–5,1% и в ФСС – 2,9%, общий платеж составляет 30,2 %.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

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

Где  $k_{\text{внеб}} = 0,302$  – коэффициент отчисления во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя проекта:

$$Z_{\text{внеб.руковод}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,302 * (57624,7 + 8643,7) \\ = 20013,05 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для инженера-проектировщика:

$$Z_{\text{внеб.руковод}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,302 * (193018,27 + 28952,74) \\ = 67035,25 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб}} = Z_{\text{внеб.руковод}} + Z_{\text{внеб.инж.}} = 20013,05 + 67035,25 = 87048,3 \text{ руб.}$$

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	57624,7	8643,7
Инженер-проектировщик	193018,27	28952,74
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	0,302	
<b>Итоги</b>		
Руководитель проекта	20013,05	
Инженер-проектировщик	67035,25	

Таким образом, рассчитаны отчисления во внебюджетные фонды, а именно в пенсионный фонд и фонд обязательного медицинского страхования. Их величина составляет 30,2 % от суммы основной и дополнительной ЗП сотрудников и составляет 87048,3 руб.

### **Накладные расходы**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные, размножение материалов и т.д. Принимаются как 16% от предыдущих затрат.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{мат}} + A);$$

Где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, примем значение 16%.

$Z_{\text{накл}} = 0,16 * (250642,97 + 37596,44 + 87048,3 + 2870 + 2750) = 60993,24$  руб.

Прочие затраты организации на услуги связи, печать материалов и т.д. составляют 16 % от суммы всех прочих затрат при выполнении НИ. Их величина составляет 60993,24руб.

### **Бюджет проекта**

На основе рассчитанных выше затрат проекта можно сформировать бюджет, который отображает каждую часть общих затрат и их сумму. Сведем полученные данные в таблицу 12.

Таблица 22 – Бюджет проекта на проведение НИ

Наименование статьи	Сумма, руб	% от общей суммы
Материальные затраты	2 870	0,65
Амортизация оборудования	2 750	0,62
Затраты по заработной плате исполнителей	250642,97	56,72
Дополнительная ЗП	37596,44	8,51
Отчисления во внебюджетные фонды	87048,3	19,7
Накладные расходы	60993,24	13,8
Бюджет затрат	441900,95	100

В таблице 22 сведены затраты на проект с их процентным отражением от общего бюджета затрат проекта. Суммарная себестоимость проекта составила 441900,95 руб.

### **Ресурсоэффективность**

Ресурсоэффективность проектирования конденсационной электростанции определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum \alpha_i * b_i;$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;  $a_i$  – весовой коэффициент проекта;

$bi$  – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности сведен в таблицу 23.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка Разработки
1. Безопасность	0,27	4
2. Надежность	0,23	5
3. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5
5. Эргономичность	0,15	4
Итого:	1,00	4,4

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,27 * 4 + 0,23 * 5 + 0,25 * 4 + 0,1 * 5 + 0,15 * 4 = 4,33$$

Результат (4,33 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта, такой вывод можно сделать из сравнения интегральных показателей проектов разрабатываемого проекта и его аналога.

#### 4.9 Заключение по разделу «финансовый менеджмент»

В результате выполнения заданий данного раздела был сделан анализ конкурентной способности оборудования, на примере турбогенератора. Был выбран наиболее подходящий вариант завода изготовителя турбогенератора. Был сделан вывод, что приобретение турбогенератора ТВФ-100-2УЗ фирмы ОАО «Силловые машины» как по техническим, так и по экономическим критериям преобладает над продукцией других компаний.

Был произведен SWOT-анализ, суть которого заключается в выявлении сильных и слабых сторон проекта и оценке факторов, влияющих на него. Основным фактором при реализации проекта считается высокая надежность.

При проведении планирования этапов научного исследования был разработан календарный план-график выполнения этапов работ для руководителя проекта и инженера-проектировщика. Общее количество календарных дней, необходимых для выполнения работы составляет 98 дней без вычета праздников и выходных.

Итоговая сумма реализации проекта составила 441900,95 руб. Она включает в себя заработные платы сотрудников, отчисления во внебюджетные фонды, амортизацию, материальные затраты и накладные расходы.

С точки зрения ресурсной эффективности, для решения технической задачи был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, так как именно он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,33).

## 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объектом исследования в выпускной квалификационной работе является релейная защита электрической сети с возобновляемыми источниками энергии. В процессе выполнения работы была изучена теоретическая информация об объекте исследования и произведен анализ работы релейной защиты в случае питания сети от генератора и от ветроэлектрической установки.

Данная работа является актуальной в настоящее время, так как повышается значимость проблем с экологией, возобновляемые источники энергии становятся более важными и востребованными, чем когда-либо. Кроме того, результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы для решения практических задач, направленных на развитие и совершенствование ЭЭС.

В ходе выполнения данной работы была задействована лаборатория, являющаяся рабочей зоной. Она находится в корпусе Томского политехнического университета. В лаборатории расположено несколько рабочих компьютеров со специализированными программами и экспериментальная установка RTDS. Общая площадь лаборатории составляет 20 м<sup>2</sup>.

## 5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

### Специальные трудовые нормы правового законодательства

Основные положения отношений между организацией и сотрудниками содержатся в трудовом кодексе. Организация предоставляет студенту, выполняющему работу в лаборатории:

— рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда и условиям, предусмотренным коллективным договором;

— отдых, обеспечиваемый установлением нормальной продолжительности (40 часов в неделю) рабочего времени с предоставлением еженедельных выходных дней, нерабочих праздничных дней, оплачиваемых ежегодных отпусков продолжительностью не менее 28 рабочих дней;

— полную достоверную информацию об условиях труда и требованиях охраны труда на рабочем месте, включая реализацию прав, предоставленных законодательством о специальной оценке условий труда;

— возмещение вреда, причиненного ему в связи с исполнением трудовых обязанностей, и компенсацию морального вреда в денежной форме в порядке, установленном настоящим Кодексом, иными федеральными законами.

— обязательное социальное страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний, предусмотренных федеральными законами.

## 5.3 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При выполнении исследования необходимо два рабочих места (для руководителя и студента-лаборанта), оснащенных ПЭВМ. ПЭВМ располагается на рабочем столе так, чтобы была задействована оптимальная площадь поверхности с учетом характерных особенностей и количества оборудования.

Целесообразно расстояние между рабочими столами с видеомониторами обеспечить 2,0 метра, а между боковыми поверхностями 1,2 метра. Расстояние от

экрана ПЭВМ и глаз пользователя необходимо обеспечить 600 — 700 мм.

Рекомендуется используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, располагать в вертикальной плоскости под углом + 15° от нормальной линии взгляда.

Лаборатория должна быть обеспечена креслами, которые соответствуют стандартам и требованиям. Конструкция кресла должна учитывать рост сотрудника и гарантировать, удобную и комфортную позу для снижения перенапряжения, а также обеспечивать длительное поддержание основной рабочей позы в процессе трудовой деятельности. Оптимальное положение работающего достигается регулированием высоты рабочей поверхности.

Согласно требованиям, к помещению для работы с ПЭВМ, на одно рабочее место должна быть отведена площадь не менее 6 м<sup>2</sup> при этом необходимо обеспечить освещении рабочей зоны в соответствии с нормативными требованиями. Предпочтительно, чтобы окна в лаборатории были ориентированы на север и северо-восток и оборудованы устройствами типа: жалюзи, занавесей и др.

#### 5.4 Производственная безопасность

В таблице 24 представлен перечень вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте, характерных при разработке проектируемого решения, в соответствии с классификацией.

Таблица 24 — Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Повышенный уровень электромагнитного излучения	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
2. Повышенный уровень шума	СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

3. Отклонение показателей микроклимата рабочего места	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
5. Нервно-психические перегрузки (перенапряжение анализаторов)	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
б. Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

Повышенный уровень электромагнитного излучения Трудовая деятельность лаборанта, в большей степени связана с работой

за персональным компьютером, следовательно, на него оказывается воздействие электромагнитного излучения. Электромагнитные излучения негативно влияют на нервную, эндокринную и сердечно-сосудистую системы.

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ, согласно, представлены в таблице 25.

Таблица 25 — Предельно допустимые значения напряженности

Параметр	Предельные значения в диапазонах частот, МГц		
	от 0,06 до 3	св. 3 до 30	св. 30 до 300
Предельно допустимое значение напряженности электрического поля E, В/м	500	300	80
Предельно допустимое значение напряженности магнитного поля H, А/м	50		

Для снижения воздействия электромагнитных полей необходимо соблюдать расстояние от источников электромагнитных полей до рабочего персонала.

Необходимо проводить измерения напряженности не реже чем раз в год, а также при вводе в работу новых установок, при изменении конструкции установок, при организации новых рабочих мест.

## 5.5 Повышенный уровень шума

В лаборатории находится большое количество оборудования, которые являются источниками шума. Шум с уровнем звукового давления до 30-35 дБ не наносит вреда для человека. Повышение уровня до 40-70 дБ приводит к негативным последствиям для организма, таким как быстрая утомляемость, сонливость, раздражительность.

Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления приведены в таблице 26.

Таблица 26 — Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления для рабочего места

Назначение помещений или территорий	Для источников постоянного шума								
	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								
	1,5	3	25	50	100	200	400	800	1600
	Предельно допустимые октавные уровни звукового давления,								
Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ	03	1	3	7	3	0	8	6	4

Основным источником шума в лаборатории являются вентиляторы охлаждения ПЭВМ. Уровень шума колеблется от 20 до 60 дБА. Исходя из значений таблицы 3 рабочее место лаборанта соответствует указанным нормам.

При повышенном уровне шума в качестве индивидуальных средств защиты применяют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, защитное действие которых основано на изоляции и поглощения шума.

## 5.6 Отклонение показателей микроклимата рабочего места

Длительное нахождение человека в неблагоприятных условиях оказывает негативное влияние на общее состояние организма. Симптомы у каждого сотрудника могут проявляться по-разному, например, ухудшении самочувствия,

снижение производительности труда или развитие профессиональных заболеваний. Поэтому важно обеспечить правильный микроклимат для работников: показания температуры воздуха, влажности и скорости движения воздуха. Для каждого периода года определены оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата, которые должны быть обеспечены организацией.

Работа лаборанта за ЭВМ относится к категории Ia, которая подразумевает работу сидя с сопровождением незначительного физического напряжения. В таблице 27 представлены данные об оптимальных и допустимых значениях микроклимата.

Таблица 27 — Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Допустимая		Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая
Холодный	22 — 24	21-25	40-60	75	0,	Не более 0,1
Теплый	23-25	22-26	40-60	55 (при 28°С)	0,1	0,1-0,2

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров в теплый период года используются системы вентиляции, а в холодный период года используется центральное водяное отопление.

### 5.7 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы

комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Следствием недостаточной освещенности рабочей зоны является снижения внимания, ухудшение координации движений, перенапряжение глаз, это может привести к возникновению ошибок при выполнении поставленной задачи.

В таблице 28 приведены рекомендуемые источники света для общего освещения общественных зданий.

Таблица 28 — Нормы освещения для лаборатории

Требования к освещению	Наименование помещения	Освещенность, лк	Индекс цветопередачи источников света $R_u$	Диапазон цветовой температуры источников света $T_{ц,К}$	Рекомендуемые источники света для общего освещения
Обеспечение зрительного комфорта в помещениях при выполнении зрительных работ	Лаборатория	От 200 до 500	85-89	3000-6500	СД; ЛЛ типов: ЛЛТБЦ, ЛДЦ, 930*, 940*, 950*, 965*

\* Приведено обозначение по ГОСТ Р 54815, в котором первая цифра определяет индекс цветопередачи (в десятках), а две последние - цветовую температуру (в сотнях кельвинов). Например, 765 означает  $R_a = 70$ ,  $T_{ц} = 6500$  К.

#### Примечания

1 Принятые сокращения: ЛДЦ — лампы дневного света с улучшенной цветопередачей; ЛЛ — люминесцентные лампы; ЛТБЦЦ — лампы тепло-белого света с высококачественной цветопередачей; СД — светодиоды.

6 Прямое излучение ярких светодиодных источников света не должно попадать в поле зрения лиц, находящихся в помещении.

Для обеспечения искусственного освещения в помещении с ПК должна быть установлена система общего равномерного освещения. Также должна быть

использована система аварийного освещения для продолжения работы при отключении рабочего освещения.

## 5.8 нервно-психические перегрузки (перенапряжение анализаторов)

Повышенная освещенность от экрана монитора неблагоприятно влияет на общее самочувствие и зрение, вызывая слепящий эффект. В таблице 29, представлены допустимые визуальные параметры устройств отображения информации.

Таблица 29 — Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/кв.м
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более $\pm 20\%$
Контрастность (для монохромного режима)	3:1
Пространственная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение положения фрагментов изображения экрана)	Не более $2 \cdot 10L - 4L$ , где L — расстояние наблюдения

Во избежание перегрузок рекомендуется делать перерывы в течение рабочего дня по 30 минут через каждые 2 часа. Также для сотрудников целесообразно, при работе за компьютером, пользоваться специальными защитными очками.

## 5.9 Поражение электрическим током

Практически на любом рабочем месте существует опасность поражения электрическим током. Действие электрического тока приводит к местным электротравмам и электрическим ударам. Напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 30.

Таблица 30 — Значения напряжений прикосновений и токов

Род тока	U, В	I, мА
----------	------	-------

	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются: изолирование токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним, установки защитного заземления, установка предохранительных устройств, наличие общего рубильника, своевременный осмотры технического оборудования, изоляции.

## 5.10 Экологическая безопасность

### Защита атмосферы

При работе в лаборатории за ПЭВМ на атмосферу влияют электромагнитные излучения, исходящие от устройства. В случае нарушения нормальной работы оборудования, если какая-либо часть устройства становится неисправна, то при ее утилизации возникают выделения токсичных веществ.

В связи с этим необходимо выполнять проверку оборудования на прочность, а также на правильность подсоединения к питающей сети. Необходимо контролировать сроки годности оборудования и производить своевременную замену.

### Защиты гидросферы

В нормальном состоянии, когда все оборудование исправно ПЭВМ не влияет на гидросферу. Вероятность загрязнения гидросферы возникает при неправильной утилизации сломанного оборудования или отдельных его частей, поэтому сбор, хранение, транспортирование и разборка отработавшего электротехнического и электронного оборудования осуществляется в соответствии с общими требованиями безопасности.

### Защита литосферы и селитебной зоны

Данная работа оказывает существенное влияние на литосферу, так как при

работе с компьютером и с бумажными документами возникает образование большого количества мусора. В соответствии с этим необходимо сортировать накопленный мусор на металлические части и неметаллические, затем осуществлять транспортировку и хранение в специально отведенных для этого местах. На основании этого, возможна, переработка отработанных материалов.

### 5.11 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможными чрезвычайными ситуациями при работе в лаборатории могут быть: короткое замыкание проводов, пожар, обрушение здания.

В лаборатории наиболее вероятная ЧС связана с возникновением пожара. Пожар может быть вызван технической неисправностью оборудования, которая возникает из-за износа оборудования, отказа электроники или неправильной его работы, технологического процесса. Также причиной пожара может быть халатность персонала, нарушения требований эксплуатации.

Наиболее возможный класс пожара — пожар горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением.

К первичным средствам пожара тушения относят переносные и передвижные огнетушители. При тушении электроустановок, находящихся в лаборатории под напряжением до 400 В., можно использовать хладоновые огнетушители на расстоянии от объекта возгорания не менее одного метра. Принцип действия основан на том, что хладон попадая на раскалённую поверхность, при температуре выше 400 °С, разлагается с высвобождением свободных радикалов, которые связываются с продуктами горения и останавливают процесс. Достоинство в том, что исключено получение термического ожога, как при работе с углекислотными огнетушителями.

При возникновении пожара работник обязан:

- Вызвать пожарную охрану по телефону 101,112 с указанием адреса, места возникновения пожара, объекта возгорания, своей фамилии;
- С помощью кнопки пожарной сигнализации сообщить людям о

возникновении пожара;

- При необходимости отключить электроэнергию;
- Организовать эвакуацию людей в случае возникновении угрозы жизни людей;
- Одновременно с эвакуацией организовать тушение первичными средствами пожаротушения;
- Организовать встречу пожарных подразделений.

Для снижения вероятности возникновения пожара в лаборатории необходимо проводить мероприятия, направленные на своевременную диагностику и техническую проверку оборудования, а также проводить инструктажи о пожарной безопасности с работающим персоналом.

#### 5.12 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения раздела «социальная ответственность» выявлено, что:

- лаборатория относится к 1 категории помещений по электробезопасности, так в ней отсутствуют условия, создающие повышенную опасность.
- для работы в лаборатории достаточно иметь 1 квалификационную группу допуска по электробезопасности, так как персонал напрямую не связан с обслуживанием и эксплуатацией электроустановок.
- работы, выполняемые персоналом за ЭВМ, относятся к категории Ia, производимые сидя, сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.
- лаборатория по категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности относится к пожароопасному помещению В I, так как есть твердые горючие вещества.
- лаборатория отнесена к IV категории объектов, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду, так как лаборатория предназначена для проведения научно-исследовательской работы. Масса

загрязняющих выбросов в атмосферу не превышает 10 тонн в год, а также отсутствуют сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду.

- факторы, которые воздействуют на селитебную зону, гидросферу, атмосферу и литосферу, соответствуют нормативным значениям регламентирующих документов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была изучена статистика аварий на подстанции 35/6 кВ и проведен анализ который показал, что на воздушных линиях электропередачи чаще всего происходят аварийные ситуации. Были рассмотрены причины и возможные ситуации исхода событий.

Для этого было построено «дерево отказов» и выявлен наиболее вероятный сценарий развития аварийной ситуации – падение с высоты сотрудника при выполнении работ по обслуживанию ВЛ.

Проведена оценка тяжести последствий травмирования работника при падении с высоты путем определения финансовых потерь предприятия. Тяжесть последствий определена как финансовые потери предприятия в зависимости от степени тяжести повреждения здоровья пострадавшего – при тяжелом и смертельном НС – 311 083,8 руб. и 679 441,4 руб., соответственно.

Для минимизации величины риска были предложены мероприятия по охране труда, наиболее эффективными из которых являются закупка комплекта современных СИЗ и автоматизация оформления наряд-допуска, имеющие показатели эффективности 37 223 руб./год и 38 941 руб./год, соответственно.

## Список используемой литературы

1. Полищук В.И. Общая энергетика: учебное пособие / В.И. Полищук, Ю.С. Боровиков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 201с.
2. Аль-Ани, омар Абед Альнасер. Атомные электростанции / омар Абед Альнасер Аль-Ани. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2014. - № 18 (77). — С. 213-216. — URL: <https://moluch.ru/archive/77/13320/> (дата обращения: 16.05.2022).
3. Electric-220.ru. Ветряные электростанции: принцип работы, плюсы, минусы. [Электронный ресурс] - URL: [https://electric-220.ru/news/vetrjanye\\_elektrostancii/2019-08-27-1737](https://electric-220.ru/news/vetrjanye_elektrostancii/2019-08-27-1737) (дата обращения: 15.05.2022).
4. Захаров В.А., Фисенко Т.Е., Рахматулина Э.А. в сборнике: Научные исследования: векторы развития. сборник материалов III Международной научно-практической конференции. 2018. С. 12-14.
5. Миниханова А.Р., Измайлова А.Р. в сборнике: Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно - энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах. Казань, 2020. С. 107-109.
6. Евтюхин А.С., Иванов А.В., Колосов В.А., Мухтарулин В.С., Парфёнов А.В., Худыш А.И. Электропитание. 2012. № 1. С. 11-19.
7. Правила устройства электроустановок Раздел 2. Передача электроэнергии. Глава 2.4. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ. Глава 2.5. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ : утверждены Минэнерго России 20.05.2003 : введены в действие с 01.10.2003 / Москва, 2012. (Изд. 7-е)
8. Божко С.В., Сараев И.В., Терехов В.В. В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII

Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского». КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. 2018. С. 175-177.

9. Правила устройства электроустановок 7-е издание п.1.2.17-1.8.19 Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения утверждены Минэнерго России 20.05.2003 : введены в действие с 01.10.2003 / Москва, 2012. (Изд. 7-е)

10. vuzlit.com. Аварии на электроэнергетических системах. [Электронный ресурс] - URL:[https://vuzlit.com/163996/avarii\\_elektroenergeticheskikh\\_sistemah](https://vuzlit.com/163996/avarii_elektroenergeticheskikh_sistemah) (дата обращения: 21.05.2022).

11. Колесников А.М. Риски факторинговой операции и оценка ее эффективности // Информационно -управляющие системы». 2012. № 3 (58) С.91- 94.

12. Колесников А.М., Кандубко А.П. Особенности и классификация систематических и несистематических рисков инвестирования // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2013. Т.4 (175). С.105-112

13. Пикин Д.Г. Анализ статистики аварий и отказов в электрических сетях Мурманска // Вестник Московского технологического института «ВТУ». – 2013. - №4. – С. 26-30.

14. Боков Г., Жулев А. Распределительные электрические сети. Оптимизация технологических и технических условий развития // Новости электротехники. - 2012. - №4 (76). - С. 20-22.

15.Приказ Минтруда России от 16.11.2020 № 782н «Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте».

16.Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197–ФЗ (ред. от 1 марта 2022).

17.ИОТ № 024–2016 «Инструкция по охране труда для электромонтера по ремонту ВЛ»

18. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 24.02.2005 № 160 «Об определении степени тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве».
19. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197–ФЗ (ред. от 1 марта 2022).
20. Хенли Е. Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Е. Дж. Хенли, Х. Кумамото. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
21. Откидач В.В. Вероятностный подход к оценке производственного травматизма / В.В. Откидач, В.А. Темнохуд, А.Н. Нестеренко // Научно-методический сборник «Наука – практика». – Донецк: ДонГТУ, 1998. – С. 133– 137.
22. Орлов А.И. Экспертные оценки: учебник / А.И. Орлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 486 с.
23. Данелян Т.Я. Формальные методы экспертных оценок / Т.Я. Данелян // Экономика, статистика и информатика. – М.: МЭСИ, 2015. – №1. – С. 183– 187.
24. Громова М.Н. Основы экономического прогнозирования: учебное пособие / М.Н. Громова, Н.И. Громова. – М.: Академия Естествознания, 2007. – 112 с.
25. ГОСТ Р 51901.23–2012 от 01.12.2013. Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска.