

**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  
 ООП/ОПОП: Защита в чрезвычайных ситуациях  
 Отделение контроля и диагностики

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы
Оценка территориальных рисков при аварии на электрической станции

УДК 614.8:621.311

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E91	Мутина Ярослава Константиновна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Кашук И. В.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева И. Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП  
по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном (-ых) языке (-ах)
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
<b>УК(У)-9</b>	Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональных сферах
<b>УК(У)-10</b>	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
<b>УК(У)-11</b>	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
<b>УК(У)-12</b>	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом государственных требований в области обеспечения безопасности

<b>ОПК(У)-4</b>	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
<b>Общепрофессиональные компетенции университета</b>	
<b>ДОПК(У)-1</b>	Способен ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен к выполнению работ по обеспечению безопасности объектов защиты
<b>ПК(У)-2</b>	Способен к использованию знаний при разработке мероприятий по обеспечению безопасности объектов экономики
<b>ПК(У)-3</b>	Способен к управлению системами обеспечения безопасности в структурных подразделениях организации
<b>ПК(У)-4</b>	Способен определять степень риска в зонах воздействия опасных природных и техногенных факторов
<b>ПК(У)-5</b>	Готов 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  
02.02.2023 г.

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
1E91	Мутина Ярослава Константиновна

Тема работы:

Оценка территориальных рисков при аварии на электрической станции	
Утверждена приказом (дата, номер)	Приказ № 13-54/с от 13.01.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2023 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	1. Объектом исследования является АО «РИР» Северская ТЭЦ. 2. Режим работы непрерывный. 3. В качестве сырья используется каменный уголь.
<b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	1. Аналитический обзор литературных источников с целью набора материала по электрическим станциям. 2. Проанализировать возможные причины возникновения аварий и составить вариационную модель развития ЧС в виде «дерева отказов» на исследуемом объекте. 3. Оценить действия поражающих факторов при взрыве в цехе топливоподачи. 4. Предложить мероприятия направленные на предупреждение ЧС.
<b>Перечень графического материала</b>	Таблицы, рисунки, графики
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Кашук Ирина Владимировна, доцент ОСГН, к.т.н.
«Социальная ответственность»	Мезенцева Ирина Леонидовна, старший преподаватель

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	02.02.2023 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н.		02.02.2023 г.

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е91	Мутина Ярослава Константиновна		02.02.2023 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 2022/2023 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
1E91	Мутина Ярослава Константиновна

Тема работы:

Оценка территориальных рисков при аварии на электрической станции

Срок сдачи студентом выполненной работы: 01.06.2023 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11.03.2023	Сбор материала и изучения принципа работы ТЭЦ	20
22.03.2023	Анализ возможных аварийных ситуаций	10
08.04.2023	Составление вариационной модели развития ЧС	15
24.04.2023	Расчет рисков поражающих факторов	15
15.04.2023	Предложение мероприятий по снижению вероятности ЧС	10
05.05.2023	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2023	Оформление и представление ВКР	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		04.02.2023

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2023

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E91	Мутина Ярослава Константиновна		

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	11
1 Анализ безопасности тепловых электростанций .....	12
1.1 Характеристика и особенности ТЭЦ .....	12
1.2 Производственный процесс .....	17
1.3 Основные причины аварий на ТЭЦ .....	19
1.4 Статистические данные по авариям на теплоэлектростанциях .....	21
2 Оценка риска возникновения ЧС на ТЭЦ.....	23
2.1 Характеристика объекта.....	23
2.2 Техничко-экономические показатели ТЭЦ.....	23
2.3 Возможный сценарий возникновения аварии.....	25
2.4 Построение «Дерево отказов» и «Дерево событий» .....	26
3 Расчет поражающих факторов при взрыве на ТЭЦ .....	32
3.1 Расчет критериев пожарной опасности .....	32
3.2 Расчет избыточного давления при сгорании веществ в помещении.....	32
3.3 Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования «Огненного шара».....	33
3.4 Расчет параметров волны давления при сгорании горючего вещества .	35
3.5 Определение зон разрушения и оценка поражения людей .....	37
3.6 Мероприятия по предупреждению возникновения взрыва .....	39
3.7 Предлагаемые мероприятия по предотвращению скопления угольной пыли .....	40
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	46
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения ..	47
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	47

4.1.2 SWOT-анализ.....	48
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	51
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	51
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	52
4.3 Бюджет научно-технического исследования .....	55
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .	56
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования .....	56
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	61
4.4.1 Определение социальной эффективности исследования.....	61
5 Социальная ответственность .....	67
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	68
5.2 Производственная безопасность .....	69
5.3 Экологическая безопасность.....	75
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	77
Заключение .....	79
Список литературы .....	80

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 82 страницы, 6 рисунков, 26 таблиц, 27 источников.

Ключевые слова: электрическая станция, территориальный риск, взрыв, угольная пыль, чрезвычайная ситуация.

Объектом исследования является Северская тепловая электростанция.

Цель работы – расчет территориальных рисков при аварии на электрической станции.

В ходе выполнения работы были проанализированы возможные опасности, которые способны привести к взрыву. На основании анализа была построена вариационная модель развития ЧС в виде «дерева отказов». При взрыве угольной пыли в цехе топливоподачи были определены зоны полных, сильных, средних и слабых разрушений, а также степень поражения людей.

Был проведен анализ мероприятий, направленных на пылеподавление в цехе топливоподачи. В результате были предложены конкретные меры, которые направлены на предотвращение возможных ЧС и увеличение общего уровня безопасности объекта исследования.

Экономическая значимость работы: сокращение материального ущерба и человеческих жизней при возникновении ЧС.

## Список сокращений

- ТЭЦ – Теплоэлектроцентраль;
- АО – Акционерное общество;
- ЧС – Чрезвычайная ситуация;
- РОУ – Редукционно-охлаждающее устройство;
- РИР – Русатом Инфраструктурные решения;
- ОТЭК – Объединенная теплоэнергетическая компания;
- СХК – Сибирский химический комбинат;
- ТВС – Топливо-воздушная смесь;
- ПДК – Предельно-допустимая концентрация;
- ПГО – пневмогидроорошение;
- СИЗ – Средства индивидуальной защиты;
- СОУТ – Специальная оценка условий труда;

## ВВЕДЕНИЕ

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) производит тепло и электроэнергию, что делает ее разновидностью тепловой электростанции. Жилые дома и промышленные объекты наших городов и населенных пунктов нуждаются в тепловой энергии для обогрева и обеспечения горячим водоснабжением. Топливо-энергетический комплекс, к которому относится ТЭЦ, является особо важным объектом жизнеобеспечения, поэтому его безопасная и эффективная работа является необходимостью. Любые сбои в работе, аварии или отклонения от заданных технологических параметров могут оказать негативное влияние.

Актуальность темы исследования обусловлена возрастающим уровнем риска аварий на предприятиях теплоснабжения, работающих с опасными веществами. В нашей стране значительная часть теплоэлектростанций работает на угольном топливе, при работе с которым выделяется угольная пыль, что может привести к образованию взрывоопасной горючей смеси. Это имеет потенциальную угрозу для человеческих жизней, окружающей среды и экономических потерь в случае взрыва

Целью выпускной квалификационной работы является оценка территориального риска возникновения чрезвычайных ситуаций на электрической станции.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. проанализировать возможные причины аварий;
2. построить «дерево отказов» и «дерево событий»;
3. оценить действия поражающих факторов при взрыве на теплоэлектростанции;
4. предложить мероприятия по предупреждению возникновения взрыва.

# 1 Анализ безопасности тепловых электростанций

## 1.1 Характеристика и особенности ТЭЦ

В современном мире строительство энергетических объектов находится на пике своего развития, и одним из них является теплоэлектроцентраль. Она имеет особенность, которая заключается в использовании отработанного пара для нагрева воды, циркулирующей в тепловых сетях и системах потребителей. Важно отметить, что эта вода не выходит в окружающую среду через "холодный источник", что является огромным плюсом данного объекта. Вместо этого тепловые отходы процесса используются для обогрева городов и поселков. Процентное соотношение этих тепловых отходов к сжигаемому на ТЭЦ топливу колеблется от 20 до 40%. Строительство ТЭЦ предпочтительно в крупных городах, где эффективная передача пара или горячей воды возможна на расстоянии не более 20-25 км. Это связано с высокими тепловыми потерями в трубах, что делает передачу на большие расстояния неэффективной.

Помимо этого, использование тепловых отходов позволяет сэкономить на затратах на энергию и снизить воздействие на окружающую среду. Кроме того, ТЭЦ обеспечивает постоянное энергоснабжение в городах и регионах, что является важным фактором для развития экономики и повышения качества жизни населения.

Важно отметить, что ТЭЦ является значимым объектом в области производства электроэнергии и тепла, и в настоящее время на ее модернизацию и развитие уделяется большое внимание в различных странах мира. Тепловые электростанции - это установки, которые являются основным источником электроэнергии в мире. Они могут работать на различных видах топлива, таких как уголь, нефть, газ.

Одним из главных недостатков ТЭЦ является высокий уровень выбросов в атмосферу, что негативно влияет на окружающую среду. Для увеличения суммарного коэффициента полезного использования топлива до

70-76%, ТЭЦ должны дополняться небольшими подстанциями, размещаемыми вблизи потребителя, чтобы уменьшить потери тепла. Несмотря на некоторые недостатки, ТЭЦ продолжают быть важными установками для комбинированного производства электроэнергии и тепла. [1]

Тепловые электростанции характеризуются большим разнообразием и их можно классифицировать по различным признакам (рис.1).



Рисунок 1 – Классификация тепловых электростанций

По виду используемого топлива:

- угольные;
- газовые;
- мазутные.

В России для производства электроэнергии используются различные виды топлива. Наиболее распространенными видами являются уголь и природный газ. Примерно 25% энергетических комплексов в стране работают на угле, тогда как газовых станций в России более 70%. В некоторых ТЭЦ используются и другие виды топлива, такие как мазут и торф. Однако, сжигание торфа на тепловых электростанциях имеет смысл только рядом с его главными месторождениями. А использование мазута считается дорогостоящим и экологически небезопасным. Именно поэтому применение данных видов топлива в России.

По мощности:

- станции большой мощности ( $N_{уст} > 1000$  МВт);
- станции средней мощности ( $N_{уст} > 160$  МВт);
- станции средней мощности ( $N_{уст} < 160$  МВт).

По величине начальных параметров пара:

- со сверхкритическими параметрами пара ( $P > 22$  МПа);
- с высокими параметрами пара ( $P > 16$  МПа);
- со средними параметрами пара ( $P > 4$  МПа);
- с низкими параметрами пара ( $P < 4$  МПа).

По структуре тепловой схемы:

- блочные;
- неблочные.

Блочные ТЭЦ используют несколько котлов и турбин, которые соединены друг с другом.

Гибкость управления станцией может быть обеспечена за счет использования системы с двумя котлами на турбину, которая обладает высокой электрической мощностью, обычно от 100 до 300 МВт. Для этого необходимо установить большие паровые трубы вдоль основной части основания, поэтому связанная система позволяет передавать пар из любого котла в любую турбину. Важно отметить, что все котлы и турбины, объединенные в систему, должны иметь одинаковые названия параметров пара, включая его давление.

РОУ устройство представляет собой возможность изменить параметры пара. Блочные ТЭЦ являются более дешевыми, чем неблочные, поскольку их схема трубопроводов проще и количество арматуры сокращается. Автоматизация блочных установок на станции значительно упрощает управление отдельными агрегатами. Работа одного блока не влияет на работу соседних блоков.

Благодаря расширению электростанции, последующий блок может иметь измененную мощность и работать на новых параметрах. Это даёт

возможность устанавливать на расширяемой станции более мощное и совершенное оборудование, что в свою очередь, повышает технико-экономические показатели электростанции. Настройка нового оборудования не влияет на работу уже установленных агрегатов. Однако, для нормальной эксплуатации блочных ТЭЦ, надежность их оборудования должна быть на высоком уровне.

Отсутствуют резервные паровые котлы на блочных объектах. Если производительность котла превышает потребности данной турбины в паре, то часть пара, которая называется скрытым резервом, не может быть перенесена на другую установку, как это обычно делается на неблочных ТЭЦ.

По связи с энергосистемой:

- работающие в энергосистеме;
- работающие изолированно.

Энергетическая система — это процесс производства, преобразования, передачи и распределения электрической и тепловой энергии, объединяющий электростанции и электрические и тепловые сети, которые связаны между собой и имеют общий режим управления в непрерывном процессе.

Изолированная энергосистема не имеет электрических связей для параллельной работы с другими энергосистемами.

По виду теплового потребителя:

- промышленные;
- отопительные;
- промышленно-отопительного типа.

Промышленные ТЭЦ необходимы для снабжения паром и горячей водой, необходимыми для определенных технологических процессов. Такие станции строятся у промышленных предприятий и входят в их состав. Мощность этих станций зависит от потребностей этих предприятий в тепловой и электрической энергии. Свойства, присущие тепловым станциям, которые используются в промышленности, включают следующие особенности: связь с двумя основными технологическими агрегатами;

объединение нескольких хозяйств в единую систему; двойная подчиненность станции; а также то, что станция потребляет горючие отходы.

Отопительные ТЭЦ используются для обогрева городов и жилых районов. Зимой они работают по тепловому графику. Однако летом они переходят на конденсационный режим.

По типу компоновки оборудования:

- закрытые;
- открытые;
- полуоткрытые.

Обычно, в условиях жесткого климата, на ТЭЦ главное оборудование, включая котельные и турбинные агрегаты, размещают внутри главного корпуса, используя закрытую компоновку. Если климатические условия позволяют, то котельные агрегаты могут быть установлены на открытом воздухе, а турбинные агрегаты - в полуоткрытом здании или даже без здания, но в кожухах облегченного типа. В любом случае конденсационное помещение остается закрытым.

По характеру несения нагрузки:

- базовые;
- пиковые;
- полупиковые.

Одно из основных требований к электрическим станциям - высокая тепловая экономичность. В то же время, для полупиковых и пиковых станций важными характеристиками являются маневренность и низкие капитальные вложения, для достижения которых, допустимо определенное снижение экономичности [2].

## 1.2 Производственный процесс

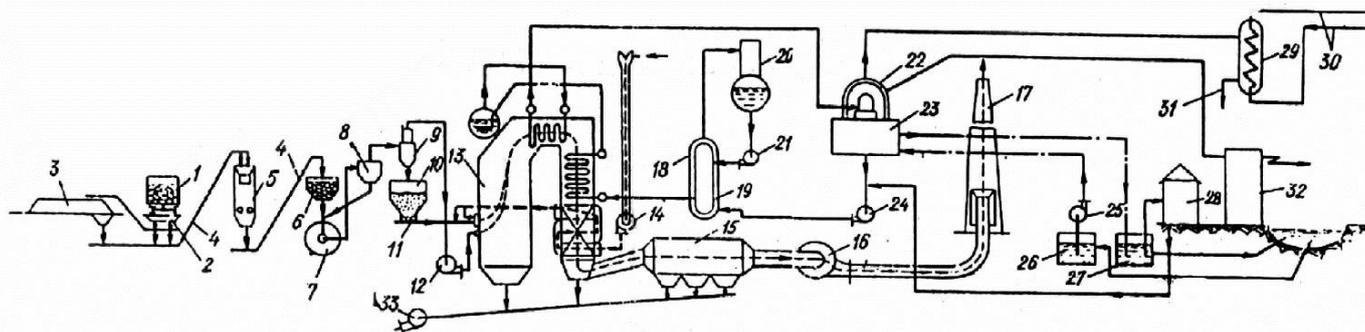


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема ТЭЦ

Обозначения по рис.2 : 1 – железнодорожные вагоны; 2 – разгрузочные устройства; 3 – склад; 4 – ленточные транспортеры; 5 – дробильная установка; 6 – бункера сырого угля; 7 – пылеугольные мельницы; 8 – сепаратор; 9 – циклон; 10 – бункер угольной пыли; 11 – питатели; 12 – мельничный вентилятор; 13 – топочная камера котла; 14 – дутьевой вентилятор; 15 – золоуловители; 16 – дымососы; 17 – дымовая труба; 18 – подогреватели низкого давления; 19 – подогреватели высокого давления; 20 – деаэратор; 21 – питательные насосы; 22 – турбина; 23 – конденсатор турбины; 24 – конденсатный насос; 25 – 12 циркуляционные насосы; 26 – приемный колодец; 27 – сбросной колодец; 28 – химический цех; 29 – сетевые подогреватели; 30 – трубопровода; 31 – линия отвода конденсата; 32 – электрическое распределительное устройство.

### Принцип работы

#### *1. Подача угля.*

Электростанция получает свою основную сырьевую составляющую - уголь. Он извлекается из шахты и отправляется в вагонетку со специальным механизмом, который переворачивает вагонетку и выгружает уголь. Этот уголь затем проходит дробление до размера 5 сантиметров. И только после этого он готов к транспортировке через конвейерную ленту в бункерное отделение электростанции.

#### *2. Угольная мельница.*

Далее уголь измельчают до состояния порошка. Этот порошок смешиваясь с воздухом отправляется в бойлер или паровой котел для горения.

### *3. Бойлер*

Смесь воздуха с парами горючего сразу же возгорается в бойлере. Через испарительные трубы котла прокачиваются миллионы литров очищенной воды, которая из-за сильной жары от сжигаемого угля быстро превращается в пар. Созданный пар запускает турбины, что в свою очередь дает возможность производства электричества

### *4. Осадитель, вытяжная труба*

При окислении угля выделяются разнообразные газы, включая углекислый газ, сернистый ангидрид и оксиды азота. Однако, зольный остаток, содержащийся в грубых обломках, извлекается, в то время как эти газы успешно удаляются из бойлера. При этом, частицы зольной пыли, задерживающиеся в бойлере вместе с горячими газами, могут быть эффективно осаждены при помощи огромного воздушного фильтра, представляющего собой электростатический прибор. Более того, такой прибор способен гарантированно удалять до 99,4% пыли до ее возможного выброса в атмосферу

### *5. Турбогенератор*

В испарительные трубы котла поступает вода, которую нагревает бойлер и превращает в пар. Затем этот пар высокого давления направляется в турбину, огромный цилиндр с тысячей лопастей воздушного винта. Лопастей турбины приводятся в движение за счёт пара, который заставляет их быстро вращаться. В результате вращения лопастей турбины, внутренняя ось генератора также начинает вращаться, что приводит к образованию электрического тока.

### *6. Конденсатор и система водяного охлаждения*

Установка циркулирует охлажденной водой, которая затем подается в конденсаторы для охлаждения пара. После этого пар выводится из турбины. При этом пар проходит через отдельные трубы, не связанные со схемой

охлаждения воды. Чистая вода получается благодаря конденсации пара, который переходит из газообразного состояния в жидкое. Эта вода снова циркулирует в бойлере, и снова используется в процессе образования электричества.

#### *7. Водоочистная станция водоснабжения*

Для предотвращения коррозии в испарительных трубах котла необходимо использовать очищенную воду. Воду для очистки труб и оборудования собирают другие системы очистки природных вод на станции.

#### *8. Осадитель, зольная система*

Осадители получают золу, которая очищается и собирается в больших хопперах или накопителях. Для того чтобы очистить станцию от зольной пыли, необходимо перенести ее в места хранения отходов.

#### *9. Электроподстанция, преобразователь, трансмиссионные подводящие*

Электрические преобразователи предназначены для усиления напряжения в процессе получения электричества, тем самым обеспечивая возможность его передачи по трансмиссионным подводящим линиям. Когда электричество достигает электроподстанций в населенных пунктах или городах, сначала происходит уменьшение напряжения по трансмиссионным подводящим, после чего происходит еще одно снижение, необходимое для обеспечения потребителей электроэнергией.

### **1.3 Основные причины аварий на ТЭЦ**

Одной из главных опасностей технологического процесса выработки электрической и тепловой энергии ТЭЦ, являются котельные и турбинные цеха, где могут произойти взрыв и пожар. Они считаются автономными структурными подразделениями электростанции. Особо пожароопасными объектами на теплоэлектроцентрали считаются: цех топливоподдачи; мазутное хозяйство; кабельные отсеки; бункеры хранения угля; масляные системы

турбин; турбогенераторы; маслонаполненные трансформаторы и газораспределительные пункты.

В здании ТЭЦ сконцентрированы все энергоблоки. Такое решение, несомненно, удобно, но стоит учесть, что это серьезно ухудшает пожарную безопасность. В случае ЧП вероятность возникновения и распространение огня очень высока, а значит, возможны поломки нескольких агрегатов на ТЭЦ.

При анализе вопросов безопасности на ТЭЦ были выделены основные угрозы, которые связаны с наличием большого количества горючих материалов и пожароопасного оборудования в процессе эксплуатации. Была проведена детальная работа по выявлению этих угроз.

Основными причинами аварий являются:

- пожары на складах топлива и топливоподачи;
- самовозгорание угольной пыли в бункерах;
- пожары в кабельном хозяйстве;
- пожары в турбогенераторах;
- взрывы паровых котлов.

На угольной электростанции в цехе топливоподачи часто случаются аварии, связанные с взрывом угольной пыли, которая является главным источником взрывов на данной станции. Когда достигается определенная концентрация угольной пыли в воздухе, она может воспламениться и вызвать первичный взрыв. Это приводит к распылению оставшейся пыли и целой серии вторичных взрывов, которые могут распространяться по всему объекту [3].

Пылеприготовительные установки могут быть очень опасными, если не принимать меры предосторожности. Их взрывоопасность возрастает в нескольких случаях. Во-первых, если в системе есть тлеющие очаги. Во-вторых, если температура пылегазовоздушной смеси в пылесистеме повышается. В-третьих, если взрывные предохранительные клапаны не срабатывают и происходят хлопки. В-четвертых, если растопочный или

основной пылеугольный факел обрывается. В-пятых, если происходит аварийное отключение дымососов, дутьевых или мельничных вентиляторов.

#### 1.4 Статистические данные по авариям на теплоэлектростанциях

Статистика аварий на ТЭЦ, произошедших на территории РФ, представлена в таблице 1 [4].

Таблица – 1 Количество аварий за разные года.

Года	2018	2019	2020	2021	2022
Количество аварий	10	7	4	5	3
Количество случаев со смертельным исходом	4	3	2	3	1

Как показывают статистические данные, около 90% аварий происходят из-за неисправности оборудования, и сопровождаются возгоранием, и лишь 10% аварий связано с разрушением строительных конструкций. Согласно полученным данным, 72% всех аварий приходится на цех топливоподачи, 23% - в котельных отделениях, и лишь около 5% - в кабельных туннелях. Обычно такие аварии связаны с топливоподачей: 12 взрывы угольной пыли в строительных конструкциях и в бункерах угля, повреждение мазутопровода или взрыв топлива в котле. Подобные аварии могут вызвать не только повреждение оборудования основных блоков, но и разрушение наружных строительных конструкций.

Согласно статистике, основными причинами пожаров являются:

- нарушение правил эксплуатации электрооборудования;
- самовозгорание топлива;
- взрыв (выброс) топлива;
- нарушение требований пожарной безопасности при проведении;
- сварочных и огневых работ;

- прочие причины.

Таким образом, наиболее часто пожары возникают в цехе топливоподачи т.к основной элемент обращения в данном цехе - уголь, который является легко возгораемым и взрывоопасным видом топлива.

В результате возникновения пожаров, конвейерные ленты и другое оборудование подвергаются деформации и полностью выходят из строя. Угольная пыль в хранилище топливоподачи мешает обычной эксплуатации и поддержанию топливной магистрали в состоянии, способном выдержать высокую температуру.

## **2 Оценка риска возникновения ЧС на ТЭЦ**

### **2.1 Характеристика объекта**

Филиал АО "РИР" в г. Северске, до 2020 г известный как АО "ОТЭК", расположен на правом берегу реки Томь в границах закрытого административно-территориального образования (ЗАТО) Северск Томской области. Он находится на расстоянии 10-12 километров севернее областного центра.

Первый запуск энергоблока Теплоэлектроцентрали произошел 17 ноября 1953 года. До 2017 года ТЭЦ была структурным подразделением АО "СХК", которое является предприятием ядерно-топливного цикла и входит в состав АО "ТВЭЛ".

С 2017 года ТЭЦ перешла на право собственности к АО "РИР", которое является дивизионом Госкорпорации "Росатом». Крупнейшая теплоэлектроцентраль за Уралом бесперебойно обеспечивает теплом промышленные площадки АО «СХК», предприятия, организации и учреждения, жилые дома горожан ЗАТО Северск, а также производит электроэнергию для внутренних и внешних потребителей.

### **2.2 Технико-экономические показатели ТЭЦ**

Электрическая мощность 449 МВт, тепловая мощность 1713,8 Гкал/час, главный поставщик угля для Северской ТЭЦ – Кузнецкий бассейн.

Работу станции обеспечивают 4 основных цеха, ряд вспомогательных подразделений и административно-управленческие подразделения.

К основным подразделениям относятся:

Электрическая мощность 449 МВт, тепловая мощность 1713,8 Гкал/час, главный поставщик угля для Северской ТЭЦ – Кузнецкий бассейн.

Работу станции обеспечивают 4 основных цеха, ряд вспомогательных подразделений и административно-управленческие подразделения.

К основным подразделениям относятся:

- цех топливоподачи (одна из основных задач цеха — это бесперебойное обеспечение станции топливом и предварительная подготовка его к сжиганию);
- котельный цех (одна из основных задач цеха— это производство пара);
- турбинный цех (одна из основных задач – преобразование тепловой энергии в электрическую и обеспечение потребителей паром и горячей водой);
- электрический цех (одна из основных задач – выдача электрической мощности в систему и обеспечение собственных нужд станции).

В таблице 2 представлено основное оборудование, имеющиеся на Северской ТЭЦ.

Таблица – 2 Состояние основного оборудования Северской ТЭЦ в части разрешенного срока эксплуатации.

Наименование оборудования	Год ввода	N,МВт	P,кг/см <sup>2</sup>	t,°C	Назначенный ресурс, час	Год выработки ресурса
Турбоагрегаты						
Паровая турбина ВР-12-90/18М	1982	12	535	90	-	-
Паровая турбина Т-115-8,8	2007	115	500	90	270000	2062
Паровая турбина ВКТ-100	1959	100	535	90	320000	2031
ТП-100/110-90	2010	100	535	90	270000	2064
Паровая турбина ВКТ-100	1961	100	535	90	310000	2030
Паровая турбина ВР-12-90/18М	1988	12	535	90	-	-
Котлоагрегаты						
Котлоагрегат БКЗ-230-9,8	2008	230	510	100	300000	2075

## Продолжение таблицы 2

Котлоагрегат ТП-230-2	1959	230	510	100	300000	2023
Котлоагрегат ТП-10	1959	220	530	100	300000	2025
Котлоагрегат ТП-10	1959	220	530	100	300000	2025
Котлоагрегат ТП-10	1959	220	530	100	300000	2026
Котлоагрегат ТП-10	1960	220	530	100	300000	2023
Котлоагрегат БКЗ-230-9,8	2009	230	540	100	300000	2077
Котлоагрегат ТП-10	1960	220	530	100	300000	2025
Котлоагрегат ТП-12	1961	220	530	100	300000	2036
Котлоагрегат БКЗ-230-9,8	2001	210	540	100	300000	2068
Котлоагрегат БКЗ-230-9,8	2008	210	540	100	300000	2076

### **2.3 Возможный сценарий возникновения аварии**

Так как взрыв угольной пыли является частой причиной аварий на теплоэлектростанциях, то проведем оценку поражающих факторов на предприятии Северской ТЭЦ.

В бункерном отделении цеха топливоподачи имеются транспортеры для подачи сырого угля в бункеры. Транспортеры вызывают выделение угольной пыли при падении угля на ленту и вибрации ленты. Угольная пыль является горючим веществом, а кислород воздуха - окислителем, что приводит к образованию взрывоопасной горючей смеси. Когда содержание угольной пыли достигает взрывоопасной концентрации в воздухе, возможен взрыв.

Для возникновения взрыва необходимо наличие концентрации пыли в диапазоне от 30 до 200 г/м<sup>3</sup> и первоначального энергетического толчка, который запускает окислительный процесс угольной пыли. Возможным инициатором взрыва может быть перепад напряжения, вызванный искрами, нагретыми телами или иными электродинамическими, электростатическими или ударными воздействиями. Если концентрация угольной пыли в воздухе достигает взрывоопасного уровня, то при окислительной реакции происходит выделение достаточного тепла для воспламенения близлежащих слоев. Химические превращения в пылевоздушной смеси происходят последовательно, распространяясь от слоя к слою, образуя волны.

Происхождение ударной волны – это результат перехода вещества из первоначального состояния в очень высокие значения давления и температуры, при прохождении резкого движущегося волнового фронта. Столкновение ударной волны с взрывчатым веществом приводит к быстрому сжатию и последующему разложению вещества, при участии выделения энергии в тонком слое около поверхности волны.

При накоплении большого количества осевшей угольной пыли в помещении возможен взрыв малого объема вещества, содержащего взрывоопасную концентрацию. Это, в свою очередь, может вызвать перемешивание пыли и более мощный взрыв [5].

#### **2.4 Построение «Дерево отказов» и «Дерево событий»**

Аварии не происходят от одного фактора, а возникают в результате взаимодействия нескольких причин. Эти причины организованы в иерархическую структуру, где непосредственная причина аварии обычно является следствием более глубоких причин, находящихся на других уровнях иерархии. Каждый уровень причин влияет на более высокий уровень, таким образом создавая цепочку факторов, которые приводят к аварии [6].

Возникновение и течение промышленных аварий и часто характеризуется сочетанием разных произвольных событий, происходящих с неизвестной вероятностью на различных стадиях аварии.

Метод используется для определения возможности возникновения чрезвычайной ситуации и расчета ее вероятности (на основе вероятности исходных событий).

«Дерево событий» служит основой для создания вариационной модели развития чрезвычайных ситуаций на данном объекте. В качестве главного события мы выбираем взрыв угольной пыли. (рис.3)

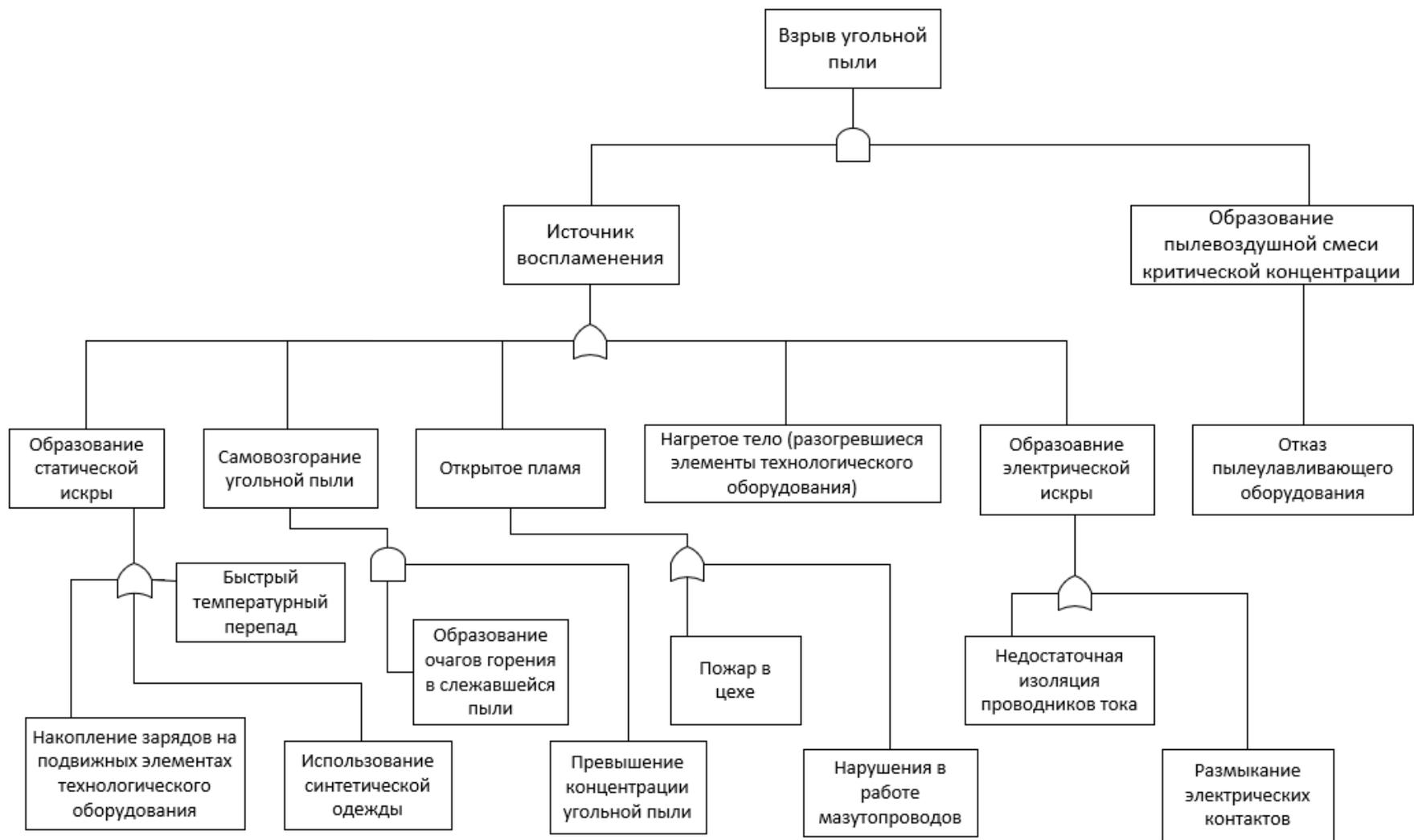


Рисунок 3 – «Дерево отказов»

Взрыв угольной пыли может произойти по следующим причинам:

- Нарушение проектных норм при строительстве.
- Производственный брак.
- Ненадлежащее техническое обслуживание оборудования.
- Нарушение графиков уборки.
- Отсутствие заземления оборудования.
- Наличие природного фактора.
- Прочие источники.

Риск возникновения аварийных ситуаций, связанных со взрывом, разрушением технических помещений и конвейеров, определяется на основании анализа риска аварийных взрывов и приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Вероятность возникновения аварии

Аварийная ситуация в течение года	Виды аварий			
	Катастрофическая	Критическая	Не критическая	С малыми последствиями
Частая авария $>1$	А	А	А	С
Вероятная авария $1-10^{-2}$	А	А	В	С
Возможная авария $10^{-2}-10^{-4}$	А	В	В	С
Редкая авария $10^{-4}-10^{-6}$	А	В	С	Д
Практически невероятная авария $<10^{-6}$	В	С	С	Д

Для оценки риска и обеспечения безопасности необходимо учитывать степень риска, которая может быть повышенной (А), значительной (В) или умеренной (С). Если риск является повышенным, то требуется специальный контроль безопасности и проведение количественного анализа риска или особые меры по обеспечению безопасности. Значительный риск также требует мер контроля и безопасности, включая проведение количественного анализа риска или принятие определенных мер безопасности. В случае умеренного риска желательно проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер по обеспечению безопасности.

Чтобы описать аварию, необходимо начать с описания первоначального события, которое может происходить с определенной частотой. В этом случае частота основных событий, которые могут привести к образованию поражающих факторов и взрыву угольной пыли, составляет  $10^{-2}$  [7].

Чтобы найти вероятность каждого сценария, нужно умножить вероятность основного события на условную вероятность конечного события. Условные вероятности появления приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Условные вероятности

Событие	Наименование фактора	Вероятность
$\lambda$	Взрыв угольной пыли	$10^{-2}$
$P_1$	Возникновение пожара	0,8
$P_{11}$	Развитие пожара	0,99
$P_{111}$	Крупномасштабное развитие пожара	0,999

Рассчитаем вероятности возникновения каждого из сценариев аварийной ситуации.

Рассчитаем вероятность события «Отсутствие пожара»:

$$P_2 = 1 - P_1 = 1 - 0,8 = 0,2.$$

Рассчитаем вероятность события «Использование современных средств тушения»:

$$P_{12} = 1 - P_{11} = 1 - 0,99 = 0,01.$$

Рассчитаем вероятность события «Перенос пожара в соседний цех»:

$$P_{112} = 1 - P_{111} = 1 - 0,999 = 0,001.$$

Развитие сценария «Образование токсичного облака» зависит от событий «Возникновение пожара», «Развитие пожара», «Крупномасштабное развитие пожара» рассчитаем вероятность сценария:

$$P_A = \lambda \cdot P_1 \cdot P_{11} \cdot P_{111} = 10^{-2} \cdot 0,8 \cdot 0,99 \cdot 0,999 = 7,9 \cdot 10^{-3}.$$

Развитие сценария «Взрыв в соседнем цехе» зависит от событий «Возникновение пожара», «Развитие пожара», «Перенос пожара в соседний цех» рассчитаем вероятность сценария:

$$P_B = \lambda \cdot P_1 \cdot P_{11} \cdot P_{112} = 10^{-2} \cdot 0,99 \cdot 0,001 = 7,9 \cdot 10^{-6}.$$

Развитие сценария «Пожар ликвидирован на начальной стадии» зависит от событий «Возникновение пожара» и «Использование современных средств тушения», рассчитаем вероятность сценария:

$$P_C = \lambda \cdot P_1 \cdot P_{12} = 10^{-2} \cdot 0,8 \cdot 10^{-2} = 8 \cdot 10^{-5}.$$

Развитие сценария «Разрушение оборудования» зависит от события «Отсутствие пожара», рассчитаем вероятность сценария:

$$P_D = \lambda \cdot P_2 = 10^{-2} \cdot 0,2 = 2 \cdot 10^{-3}.$$

Таблица 5 – Вероятности событий

Событие	Наименование фактора	Вероятность
$P_A$	Образование токсичного облака	$7,9 \cdot 10^{-3}$
$P_B$	Взрыв в соседнем цехе	$7,9 \cdot 10^{-6}$
$P_C$	Пожар ликвидирован на начальной стадии	$8 \cdot 10^{-5}$
$P_D$	Разрушение оборудования	$2 \cdot 10^{-3}$

Отсюда можно сделать вывод, что наиболее вероятный сценарий развития аварии – разрушения оборудования, который возникает из-за взрыва угольной пыли (рис.4).

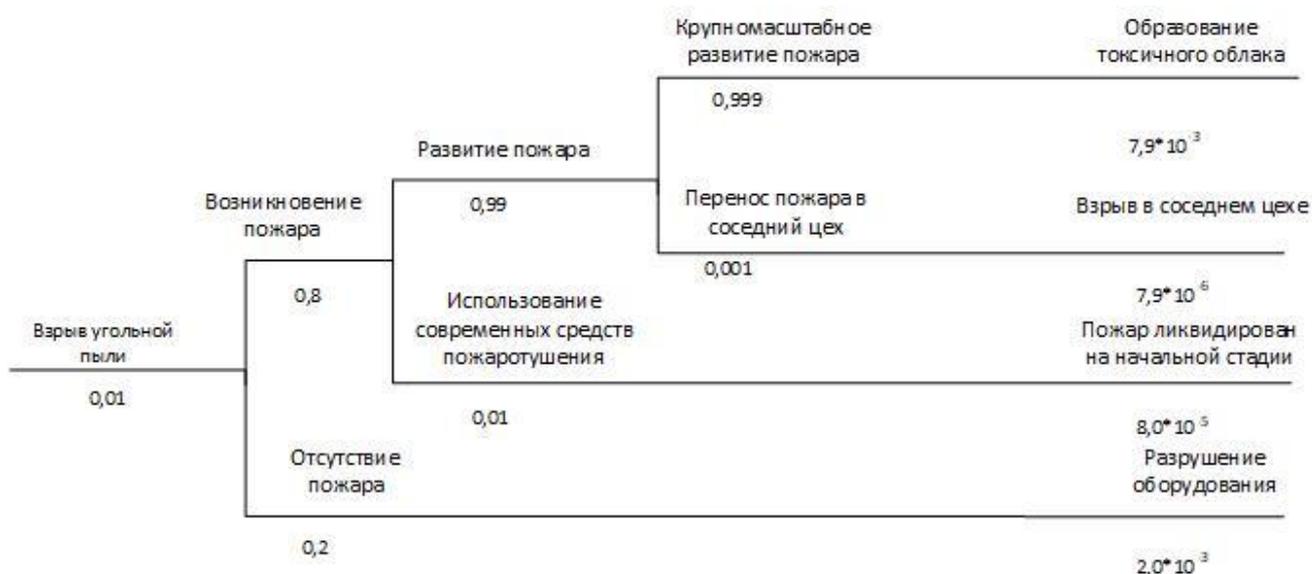


Рисунок 4 – «Дерево событий»

### 3 Расчет поражающих факторов при взрыве на ТЭЦ

#### 3.1 Расчет критериев пожарной опасности

Описание расчетной ситуации.

Расчет критериев пожарной опасности производится в цехе топливоподдачи, в котором расположено бункерное отделение, где произошло самовозгорание угольной пыли. Объем бункерного отделения 11300 м<sup>3</sup>. Радиус принимаем 25 м, т. к. на этом расстоянии находится наибольшее количество персонала.

#### 3.2 Расчет избыточного давления при сгорании веществ в помещении

Избыточное давление, которое является количественным критерием категории опасности, является одним из факторов поражения.

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{П} \cdot \rho_B \cdot C_B \cdot T_0 \cdot K_H} \quad (1)$$

где  $m$  – расчетная масса взвешенной в объеме помещения горючей пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации, кг;

$H_T$  – теплота сгорания истекающего вещества, Дж/кг;

$P_0$  – начальное атмосферное давление, кПа;

$Z$  – доля участия взвешенной горючей пыли при сгорании пылевоздушной смеси;

$V_{\text{п}}$  – свободный объем помещения, который принимается как 80 % от геометрического объема помещения, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воздуха до сгорания пылевоздушной смеси при начальной температуре  $T_0$ , кг/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{в}}$  – теплоемкость воздуха, кДж/(кг · К);

$T_0$  – начальная температура воздуха в помещении, К;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения);

Определим значения приведенных составляющих формулы для определения избыточного давления:

а) свободный объем помещения  $V_{\text{п}} = 0,8 \cdot 11300 = 9040$  м<sup>3</sup>;

б) расчетную массу  $m$ , кг, принимаем равной  $m = 0,8 \cdot 8000 \text{ кг} = 6400$  кг

$$P = \frac{6400 \cdot 23,8 \cdot 10^6 \cdot 101 \cdot 0,5}{9040 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 293 \cdot 3} = 765,15 \text{ кПа}$$

При определении категории помещения по пожарной и взрывопожарной опасности согласно НПБ 105-03 следует учитывать значение избыточного давления, просчитанного для данной ситуации. Т.к избыточное давление превышает 5 кПа ( $\Delta P > 5 \text{ кПа}$ ) и составляет 765,15 кПа, то данное помещение можно отнести к категории Б взрывопожароопасных.

### **3.3 Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования «Огненного шара»**

Образование «Огненных шаров» имеет серьезные последствия, так как они могут вызвать дополнительные пожары из-за высокой интенсивности теплового излучения [8].

1. Расчет интенсивности теплового излучения «огненного шара»  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>, проводят по формуле:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (2)$$

где  $E_f$  – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м<sup>2</sup>;  $F_q$  – угловой коэффициент облученности;  $\tau$  – коэффициент пропускания атмосферы.

2.  $E_f$  определяют на основе имеющихся экспериментальных данных. Допускается принимать  $E_f$  равным 450 кВт/м<sup>2</sup>.

3.  $F_q$  рассчитывают по формуле:

$$F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4 \left[ \left( \frac{H}{D_s} + 0,5 \right)^2 + \left( \frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1,5}}, \quad (3)$$

где  $H$  – высота центра «огненного шара», м;  $D_s$  – эффективный диаметр «огненного шара», м;  $r$  – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара», м.

4. Эффективный диаметр «огненного шара»  $D_s$  рассчитывают по формуле:

$$D_s = 5.33 \cdot m^{0.327}, \quad (4)$$

где  $m$  – масса горючего вещества, кг.

5.  $H$  определяют в ходе специальных исследований. Допускается принимать  $H$  равной  $D_s/2$ .

6. Время существования «огненного шара»  $t_s$ , с, рассчитывают по формуле:

$$t_s = 0.92 \cdot m^{0.303} \quad (5)$$

7. Коэффициент пропускания атмосферы  $\tau$  рассчитывают по формуле:

$$\tau = \exp \left[ -7.0 \cdot 10^{-4} \left( \sqrt{r^2 + H^2} - \frac{D_s}{2} \right) \right] \quad (6)$$

Рассчитаем интенсивность теплового излучения на расстоянии 50 м:

$$q = 450 \cdot 0,17 \cdot 0,98 = 101 \text{ кВт/м}^2$$

Время существования «огненного шара» составит:

$$t_s = 0,92 \cdot 6400^{0,303} = 13 \text{ с} \quad (7)$$

Рассчитаем дозу теплового излучения  $Q$ , Дж/м<sup>2</sup> на человека:

$$Q = q \cdot t_s = 101 \cdot 10^3 \cdot 13 = 13,4 \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^2$$

Предельно допустимая доза теплового излучения при воздействии «огненного шара» на человека отражена в таблице 6.

Таблица 6 – Степень поражения человека

Степень поражения	Доза теплового излучения, Дж/м <sup>2</sup>
Ожог 1-й степени	$1,2 \cdot 10^5$
Ожог 2-й степени	$2,2 \cdot 10^5$
Ожог 3-й степени	$3,2 \cdot 10^5$

Таким образом, в радиусе 25 м значение интенсивности излучения «Огненного шара» составляет 101 кВт/м<sup>2</sup>, при такой величине возможны ожоги четвертой степени, несовместимые с жизнью.

### 3.4 Расчет параметров волны давления при сгорании горючего вещества

Основными параметрами, возникающими при сгорании горючего вещества в открытом пространстве, являются избыточное давление и импульс волны давления. При достижении избыточного давления большой величины может произойти повреждение оборудования и зданий, находящихся поблизости. [9].

Избыточное давление  $\Delta p$ , кПа, развиваемое при сгорании, рассчитывают по формуле:

$$\Delta p = p_0 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + \frac{3 \cdot m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + \frac{5 \cdot m_{\text{пр}}}{r^3} \right) \quad (8)$$

где  $p_0$  – атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

$r$  – расстояние от геометрического центра облака, м;

$m_{пр}$ – приведенная масса горючей пыли, кг, рассчитанная по формуле:

$$m_{пр} = \left(\frac{Q_{сг}}{Q_0}\right) \cdot m_{гп} \cdot Z, \quad (9)$$

где  $Q_{сг}$ – удельная теплота сгорания газа или пара, Дж/кг;

$Z$ – коэффициент участия, который допускается принимать равным 0,05;

$Q_0$ – константа, равная  $4,52 \cdot 10^6$  Дж/кг;

$m_{гп}$  – масса горючих газов и (или) паров, поступивших в результате аварии в окружающее пространство, кг.

Импульс волны давления  $i$ , Па · с, рассчитывают по формуле:

$$i = 123 \cdot m_{пр}^{0,66} / r. \quad (10)$$

1. Рассчитаем приведенную массу горючей пыли:

$$m_{пр} = \left(\frac{27000000}{4,52 \cdot 10^6}\right) \cdot 6400 \cdot 0,05 = 1912 \text{ кг},$$

2. Рассчитаем избыточное давление  $\Delta p$  по формуле:

$$\Delta p = 101 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 1912^{0,33}}{50} + \frac{3 \cdot 1912^{0,66}}{50^2} + \frac{5 \cdot 1912}{50^3}\right) = 172 \text{ кПа}.$$

3. Находим импульс волны давления  $i$  по формуле:

$$i = \frac{123 \cdot 1912^{0,66}}{25} = 180 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Используя полученные значения избыточного давления взрыва, можно провести оценку степени разрушения, приведённой в таблице 7.

Таблица 7 – Зоны разрушения

Зона разрушения	$\Delta p$ , кПа
Полные разрушения	Более 50
Сильные разрушения	30
Средние разрушения	20
Слабые разрушения	10

Исходя из расчёта волны давления при сгорании горючего вещества в открытом пространстве был получен импульс волны давления 1647 Па·с и избыточное давление  $\Delta p = 200$  кПа. При прямом воздействии ударной волны с полученным избыточным давлением на людей, находящихся на расстоянии 50 метров, люди получают крайне тяжёлые травмы и такие травмы приведут к летальному исходу. При воздействии ударной волны с полученным избыточным давлением на здания и сооружения, они будут полностью разрушены.

Аналогично расчетам при  $r=25$  м, рассчитаем избыточное давление для зон на расстоянии 50м, 75м, 125 м, 150 м.

### 3.5 Определение зон разрушения и оценка поражения людей

Расчеты интенсивности теплового излучения и избыточного давления представлены в таблице 7. С учетом этих данных, а также в соответствии с ГОСТ Р 12.3.047-2012 [10], была определена степень поражения людей и разрушения зданий и сооружений.

Таблица 7 – Таблица критериев пожаровзрывоопасности

Радиус зоны, м	Интенсивность теплового излучения $q$ , кВт/ м <sup>2</sup>	Избыточное давление $P$ , кПа	Степень разрушение сооружений и зданий	Степень поражения людей
25	101	171	Полные разрушения	Смертельное поражение
50	76,05	45	Сильные разрушения	Смертельное поражение
75	51,91	23,2	Средние разрушения	Смертельное поражение
125	22,81	11,2	Слабые разрушения	Ожог 3-ей степени
150	15,46	8,8	Слабые разрушения	Ожог 2-ой степени

Для определения радиусов зон полных, сильных, средних и слабых разрушений будет использован графический метод. При этом будет построена зависимость избыточного давления во фронте ударной волны  $P$  (кПа) от расстояния  $R$  (м).

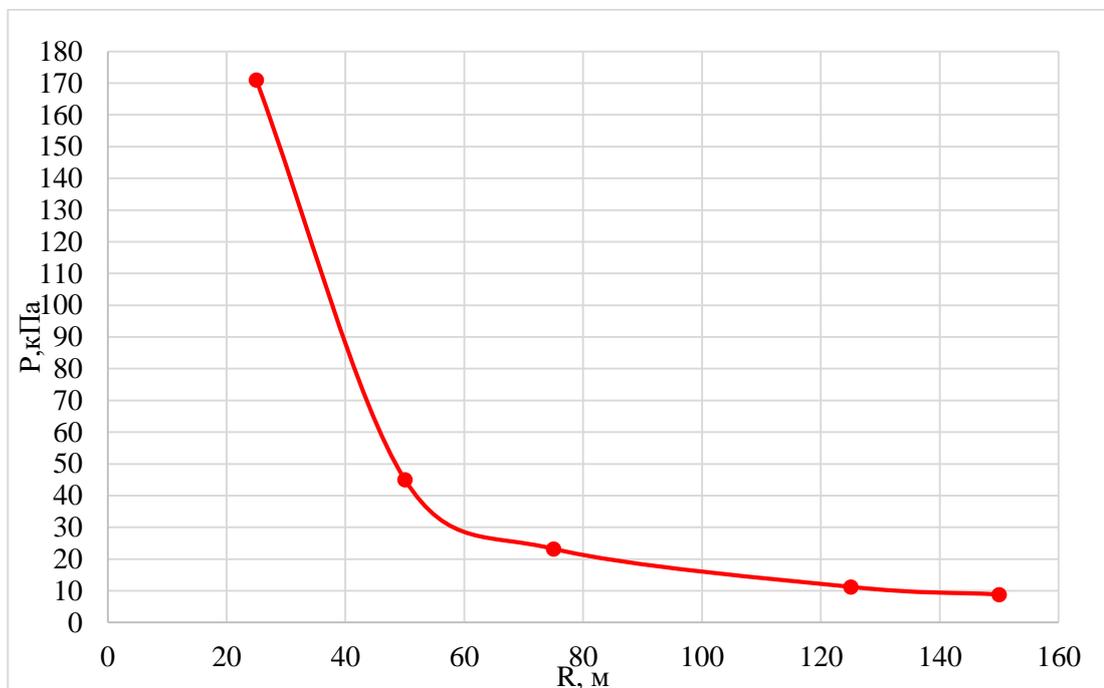


Рисунок 5 – Зависимость избыточного давления на фронте ударной волны  $\Delta P$  от расстояния  $R$  от эпицентра взрыва

Радиус зоны полных разрушений (50 кПа) – 48 м; радиус зоны сильных разрушений (30 кПа) – 57 м; радиус зоны средних разрушений (20 кПа) – 85 м; радиус зоны слабых разрушений (10 кПа) – 130 м.

Отообразим графически зоны разрушения на спутниковой схеме бункерного отделения (рисунок 6):

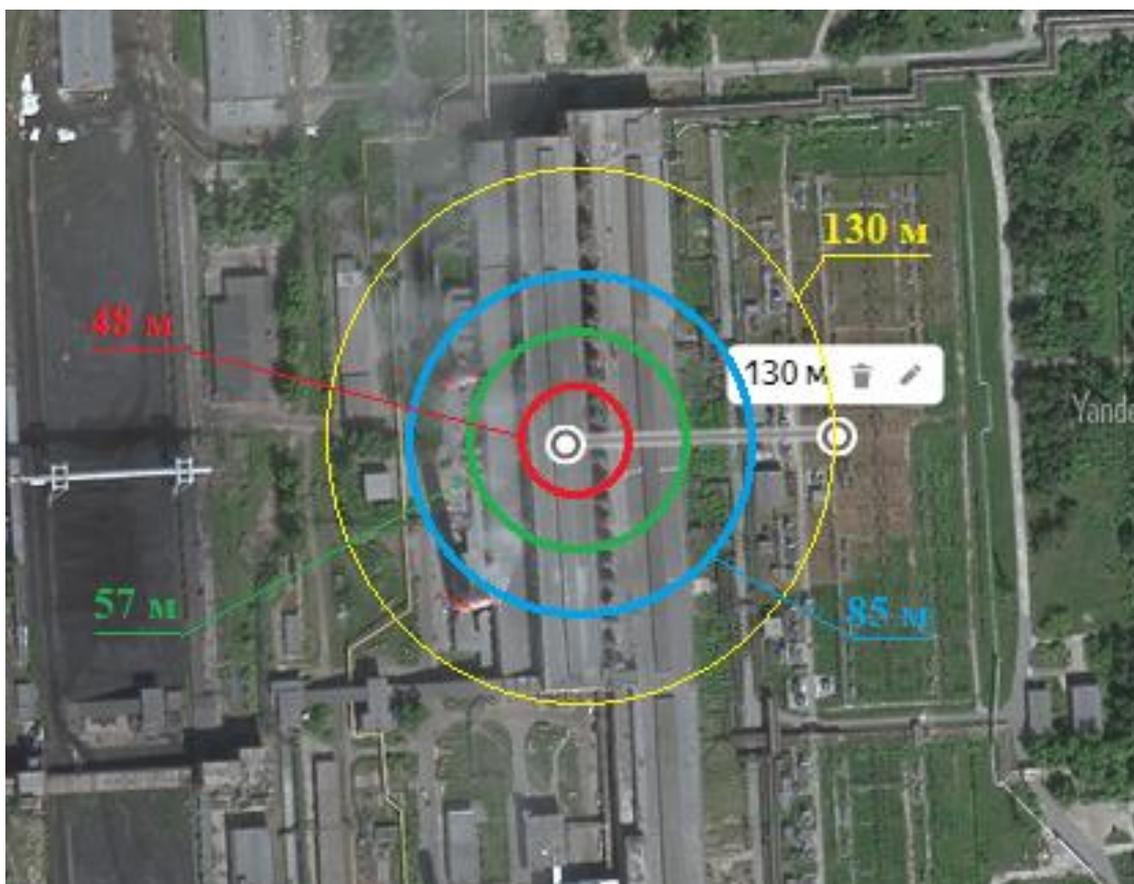


Рисунок 6 – Зоны поражения зданий для бункерного отделения

- Зоны полных разрушений
- Зоны сильных разрушений
- Зоны средних разрушений
- Зоны слабых разрушений

Из рисунка видно, что в зоны полных и сильных разрушений попадает бункерное отделение, в зону средних разрушений частично попадает котельный цех.

### 3.6 Мероприятия по предупреждению возникновения взрыва

Применение мер для предотвращения взрывов угольной пыли при работе ТЭЦ может включать следующие действия: организация принудительной вентиляции во всех помещениях, где может возникнуть угольная пыль; проведение регулярной уборки помещений с установлением определенного периода для предотвращения скопления угольной пыли; применение искрозащищенного электрооборудования и инструментов,

которые не создают искры в процессе работы, в системах топливоподачи и во всех помещениях, где может появиться пыль угля.

Для того, чтобы обезопасить работников, необходимо соблюдать несколько правил. В помещениях, где есть скопления угольной пыли, работа с использованием открытого огня или нагретых предметов (сварка, пайка и т.д.) запрещена. Во время работы следует одевать специальную одежду из хлопка и подобных материалов, которая не накапливает электростатический заряд. Также необходимо предусмотреть возможность повышения относительной влажности в помещениях, где происходит интенсивное испускание пыли. Наряд на осмотр, очистку и ремонт пылеприготовительного оборудования является обязательным.

Чтобы минимизировать возможность возникновения взрыва угольной пыли в помещениях с высоким риском, рекомендуется установить наружные защитные конструкции, которые могут быстро сбрасываться, если это необходимо. Также важно строго следовать инструкции по безопасности при работе на пылеприготовительных установках. [11].

### **3.7 Предлагаемые мероприятия по предотвращению скопления угольной пыли**

На сегодняшний день Северска ТЭЦ использует следующие системы пылеподавления:

1. Электростатические фильтры – эта система использует электрические поля для привлечения и удержания частиц пыли и других загрязнений в воздухе.

2. Мокрые системы пылеподавления – эти системы используют воду для удаления пыли из воздуха. Воздух проходит через специальный увлажнитель, где он смешивается с водой, после чего пыль и другие загрязнения оседают на поверхности увлажнителя.

3. Циклонные фильтры – эта система использует центробежную силу для отделения частиц пыли от воздуха. Воздух проходит через циклон, где он вращается со скоростью, достаточной для отделения пыли, которая затем оседает на дне циклона.

4. Багфильтры – эти системы используют специальные фильтрующие материалы, чтобы удерживать частицы пыли в воздухе. Воздух проходит через фильтр, где частицы пыли остаются на поверхности фильтрующего материала, а чистый воздух выходит наружу.

5. Системы инерционной фильтрации – эти системы используют принцип инерции для отделения частиц пыли. Воздух проходит через специальное устройство, где он изменяет направление движения, заставляя частицы пыли сбиться с траектории и осесть на поверхности устройства.

Выше приведенные системы пылеподавления являются основными технологиями, которые используются на объекте уже много лет. Данные системы достаточной хорошо справляются с основными задачами, но недостаточно эффективно. Поэтому внедрение следующих систем пылеподавления, значительно уменьшат вероятность возникновения взрыва угольной пыли:

1. Внедрение систем пневмогидроорошения для борьбы с пылью.

Сегодня, автоматические системы пылеудаления и пылеудаления на основе пневмогидрооросительной системы (ПГО) применяются для повышения промышленной безопасности в технологических процессах на тепловых электростанциях и улучшения экологической обстановки в местах, где много пыли.

Эксплуатационная система ПГО имеет несметное количество технических плюсов. Она успешно использует производственную воду, включая морскую, и уменьшает такой затрат воды до 12 раз при сравнении с традиционными системами выпрыскивания воды. Также, она добивается эффективного улавливания пыли с размером от 5 до 200 мкм, при этом

уменьшая значительную пылистость очищаемого воздуха по отношению к обычным аспирационным системам. Вдобавок, система ПГО улучшает условия гигиены и санитарии для собственников и работающих на этой территории людей, что повышает их безопасность и уменьшает содержание в обеспыливании.

Система орошения имеет немало преимуществ. Например, она позволяет избавиться от застойных зон и проверять работоспособность визуальным методом. Кроме того, она исключает взрывоопасность газов и легко обслуживается. Регулирование и контроль системы удобны, что способствует экономии на обслуживании и ремонте. В режиме «автомат» система мониторит запыленность атмосферы и автоматически включается при необходимости. Эта система может рассматриваться как альтернатива уже существующим системам борьбы с пылью или использоваться дополнительно к ним. Кроме того, системы ПГО предусмотрены для установки в новых местах, где недостаточно систем борьбы с пылью

2. Обеспыливания надбункерных галерей при загрузке бункеров топливом путем отсоса запыленного воздуха через слой топлива в бункере, используемого в качестве фильтрующего элемента.

Существующие аспирационные системы страдают от низкой производительности, несовершенства конструкций и несоответствия технического оснащения гигиеническим требованиям. В результате рабочая зона может быть запыленной в 10 и более раз. Однако, можно использовать газожидкостную среду в виде пены, совмещенную с отсосом. Этот метод снижает нагрузку на систему вентиляции и уборочное оборудование на 70%

При этом необходимо понимать, что правильный выбор газожидкостной среды и технологии ее применения являются ключевыми факторами в достижении высокой эффективности системы. При неверном выборе материала и метода его нанесения можно получить противоположный эффект – увеличение содержания пыли.

В общем, применение газожидкостной среды в комплексе с аспирацией – это эффективное решение проблемы, связанной с избыточным содержанием пыли на производстве.

При выборе метода очистки воздуха в производственных условиях часто используется пенный способ, который имеет ряд преимуществ перед орошением. Это связано с особенностями механических и структурных свойств пены, а также с тем, что создаётся большая поверхность взаимодействия с пылью при минимальных расходах жидкости.

Эффективность методов пылезащиты на производстве достигла современного уровня - до 99,8%. Эти методы широко используются на каждой стадии производственного процесса, включая участки, где смесь перемещается с бункеров на ленточный конвейер, с ленты на ленту, а также с конвейера на элеватор. Для каждого этапа разработаны типовые технологические схемы, учитывающие особенности производственного процесса и профессиональные навыки сотрудников. Такой подход позволяет существенно снизить негативное воздействие пыли на здоровье работников и окружающей среды. За счет проведения периодических проверок и обновления оборудования, эти методы поддерживаются на максимальном уровне эффективности, обеспечивая безопасность на производстве.

3. Установка пылезащитных завес в зоне выхода конвейерной ленты на транспортных объектах рекомендуется для более эффективного регулирования воздушных потоков. Барьер, создаваемый шторами из резиновых полос внутри коробки, замедляет движение воздуха и снижает количество пыли, выходящей из зоны загрузки.

Важно отметить, что установка противопылевых завес не только уменьшает вынос пыли, но и снижает частоту отложения пыли на оборудовании и повышает безопасность на рабочем месте.

Для максимальной эффективности следует установить завесы на всех конвейерах, где присутствует высокая интенсивность движения. Также стоит

проконсультироваться с профессионалами для правильной настройки завес и определения оптимальной высоты и ширины полос.

Важно помнить о том, что противопылевые завесы не заменяют регулярную уборку и обслуживание оборудования. Однако, совместное использование данных мер позволит снизить количество пыли в производственных помещениях и улучшить условия работы.

4. Применение инертной пыли является эффективным способом предотвращения дальнейшего распространения первичного взрыва. Инертная пыль, добавленная к угольной, действует как теплопоглотитель, изолируя фронт пламени и замедляя кинетику реакции взрыва, что предотвращает дальнейшее распространение взрыва. Кроме того, использование инертной пыли приводит к снижению концентрации угольной пыли в воздухе, что делает ее менее воспламеняемой. Более того, инертная пыль препятствует участию кислорода и других газов в реакции взрыва, что уменьшает риск возникновения последующих взрывов и минимизирует возможные опасные последствия для людей и оборудования.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е91	Мутина Ярослава Константиновна

Школа	ИШНКБ	Отделение Школа	Контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

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

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. График проведения и бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е91	Мутина Ярослава Константиновна		

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной НИ (ВКР) – анализ аварийных ситуаций и расчет аварийных рисков на электрической станции, а также разработка мероприятий по повышению безопасности.

## 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

### 4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

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

Целесообразно проводить анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 8

В качестве разработок можно выделить различные виды топлива, которые могут использоваться на ТЭЦ:

- $B_{\phi}$  – уголь;
- $B_{к1}$  – природный газ;
- $B_{к2}$  – мазут.

Таблица 8 - Сравнение конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{к1}$	$B_{к2}$	$K_{\phi}$	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1.Повышение производительности труда пользователя	0,09	4	3	4	0,36	0,27	0,36
2.Надежность	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
3.Безопасность	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
4.Энергоэкономичность	0,19	4	3	4	0,76	0,57	0,76
5.Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
6.Простота эксплуатации	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
7.Влияние на окружающую среду	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1.Конкурентоспособность продукта	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
2.Цена	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>4,3</b>	<b>3,79</b>	<b>3,88</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (11)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Оценки показывают, что наивысший уровень конкурентоспособности принадлежит тепловой электростанции, работающей на угольном топливе.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Дешевизна исходного топлива	Сл1. Затраты на транспортировку угля
С2. Экологичность сырья	Сл2. Необходимость в большой площади для хранения угля
С3. Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт в данной сфере	Сл3. Большая потребность в СИЗ для производственного персонала
С4. Высокий КПД топлива	Сл4. Потребность в технике для перевозки и дробления топлива
С5. Предъявленная безопасность и надежность	
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Переработка золы и шлака для производства автодорог	У1. Падение платежеспособности населения
В2. Возрастающая потребность в электроэнергии и тепле	У2. Государственное регулирование тарифов на электроэнергию и тепло
В3. Большие поставки дешевого угля из Кузнецкого угольного бассейна	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность

проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 10 – 13.

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	-	+	+	+
	B3	+	-	+	+	+

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	-	-
	B2	-	-	-	-
	B3	+	+	-	+

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

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

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

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

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 14.

Таблица 14 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>С1. Дешевизна исходного топлива</p> <p>С2. Экологичность сырья</p> <p>С3. Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт в данной сфере</p> <p>С4. Высокий КПД топлива</p> <p>С5. Предъявленная безопасность и надежность</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>Сл1. Затраты на транспортировку угля</p> <p>Сл2. Необходимость в большой площади для хранения угля</p> <p>Сл3. Большая потребность в СИЗ для производственного персонала</p> <p>Сл4. Потребность в технике для перевозки и дробления топлива</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Переработка золы и шлака для производства автодорог</p> <p>В2. Возрастающая потребность в электроэнергии и тепле</p> <p>В3. Большие поставки дешевого угля из Новокузнецкого угольного бассейна</p>	<p><b>Направления развития</b></p> <p>В1С1С2С3С4С5.</p> <p>Возможность открытия перерабатывающего предприятия в целях снижения загрязнений окружающей среды от ТЭЦ.</p> <p>В2С1С3С4С5 и В3С1С3С4С5. Отработанная технология и опытный персонал позволяют расширять производство</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b></p> <p>В3Сл1Сл2Сл4. Сдерживающим фактором развития является сильная зависимость от стоимости от транспортных услуг. При больших поставках угля возникнет необходимость в расширении площадей для его хранения</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Падение платежеспособности населения</p> <p>У2. Государственное регулирование тарифов на электроэнергию и тепло</p>	<p><b>Угрозы развития</b></p> <p>У2С3С5 Заниженные тарифы за электроэнергию и тепло выставляемые государством могут негативно сказаться на заработной плате производственного персонала, что может вызвать нестабильность работы на ТЭЦ.</p>	<p><b>Уязвимости:</b></p> <p>У1Сл1Сл4 и У2Сл1Сл4 предприятие рискует быть нерентабельным.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории

уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 15

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения работ	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования и решения поставленной задачи	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение исследования, выполнение поставленных задач	Инженер
	6	Согласование полученных данных с научным руководителем	Инженер, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	7	Обработка полученных данных	Инженер
	8	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель

## Продолжение таблицы 15

Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Инженер
--------------------------	---	-----------------------------------	---------

### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (12)$$

где  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{\text{Ч}_i}, \quad (13)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.4):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (14)$$

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

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

$k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (15)$$

где  $T_{кал}$  – общее количество календарных дней в году;  $T_{вых}$  – общее количество выходных дней в году;  $T_{пр}$  – общее количество праздничных дней в году (2023 год).

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 16.

Таблица 16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожид}$ , чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания утверждение плана-графика	2	-	3	-	2,4	-	2,4	4

Продолжение таблицы 16

2. Календарное планирование выполнения работ	1	1	3	2	1,8	1,4	1,6	2
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования и решения поставленной задачи	-	4	-	6	-	4,8	4,8	7
5. Проведение исследования, выполнение поставленных задач	-	10	-	16	-	6,8	12,4	18
6. Согласование полученных данных с научным руководителем	3	3	6	10	4,2	5,8	5	7
7. Обработка полученных данных	-	4	-	8	-	5,6	5,6	8
8. Оценка правильности полученных результатов	2	2	5	5	3,2	3,2	3,2	5
9. Составление пояснительной записки	-	4	-	5	-	4,4	4,4	7
<b>Итого:</b>	8	34	14	55	11,6	39,6	47	69

*Примечание:* Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 17).

Таблица 17 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания утверждение плана-графика	Исп1	4				▨									
2	Календарное планирование выполнения работ	Исп1, Исп2	2				▨	■								
3	Обзор научной литературы	Исп2	11					■	■	■						
4	Выбор методов исследования и решения поставленной задачи	Исп2	7							■						
5	Проведение исследования, выполнение поставленных задач	Исп2	18							■	■	■				
6	Согласование полученных данных с научным руководителем	Исп1, Исп2	7									▨				
7	Обработка полученных данных	Исп2	8									■	■			
8	Оценка правильности полученных результатов	Исп1, Исп2	5										▨	■		
9	Составление пояснительной записки	Исп2	7													■

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

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;

- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3–5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты расчетов занесены в таблицу 18.

Таблица 18 – Материальные затраты исследования

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Бумага офисная	лист	150	1	150
Комплекс канцелярских принадлежностей	набор	3	340	1020
Мультифора	шт.	10	3	30
Картридж для лазерного принтера	шт.	1	3490	3490
Электроэнергия	кВт·ч	300	2,5	750
Интернет	Гб	15	65	975
<b>Итого:</b>				6415

#### 4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (16)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (17)$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $m$  – время использования, мес.

Таблица 19 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ	1	3	30	30
<b>Итого</b>		30 тыс. руб.			

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 30000}{12} \cdot 2 = 1650 \text{ руб.}$$

#### 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times Z_{\text{доп}} \quad (18)$$

где,  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (15% от основной).

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (19)$$

где,  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.,  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, руб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{58500 \cdot 10,3}{213} = 2828,9 \text{ руб.}, \quad (20)$$

где,  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 рабочих дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 рабочих дней  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная неделя;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Для пятидневной рабочей недели инженера:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{15600 \cdot 11,2}{213} = 820,3 \text{ руб.} \quad (21)$$

Месячный должностной оклад работника (научного руководителя):

$$Z_M = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p \quad (22)$$

где,  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от заработной платы по тарифной ставке);  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;  $k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_M = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_p = 30000 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 58500 \text{ руб}$$

– для инженера:

$$Z_M = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_p = 8000 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 15600 \text{ руб}$$

Далее представлена таблица, характеризующая баланс рабочего времени по показателям.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		

Продолжение таблицы 20

Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 21– Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{mc}, руб$	$k_{np}$	$k_{\partial}$	$k_p$	$Z_m, руб$	$Z_{\partial n}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	30000	0,3	0,2	1,3	58500	2828,9	11,6	32815,24
Инженер	8000	0,3	0,2	1,3	15600	820,3	39,6	32483,9
Итого:								65299,14

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 32815,24 = 4922,3 \text{ руб.} \quad (23)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 32483,9 = 4872,6 \text{ руб.} \quad (24)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (32815,24 + 4922,3) = 11321,3 \text{ руб.} \quad (25)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (32483,9 + 4872,6) = 11206,95 \text{ руб.} \quad (26)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

### 4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 22 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
1650	6415	65299,14	9795,9	22528,25	105688,29

Величина накладных расходов определяется по формуле (27):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5 k_{\text{нр}}) \cdot \quad (27)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

### 4.3.6 Бюджет НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Оценка территориальных рисков при аварии на электрической станции» по форме, приведенной в таблице 23.

Таблица 23 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
		Текущий Проект	
1	Материальные затраты НИР	6415	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	1650	Пункт 4.2.3.2

Продолжение таблицы 23

3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	65299,14	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9795,9	Пункт 4.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	22528,25	Пункт 4.3.4
6	Накладные расходы	21 137,658	Пункт 4.3.5
Бюджет затрат НИР		126826,648	Сумма ст. 1- 6

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

##### 4.4.1 Определение социальной эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (28)$$

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

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{126826,648}{126826,648} = 1.$$

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

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

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

**Интегральный показатель ресурсоэффективности** вариантов выполнения Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлены в таблице ниже.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

<b>Объект исследования</b> <b>Критерии</b>	<b>Весовой коэффициент параметра</b>	<b>Текущий проект</b>
1. Безопасность при использовании	0,15	5
2. Надежность	0,3	5
3. Помехоустойчивость	0,2	4
4. Механические свойства	0,2	4
5. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>	<b>4,45</b>

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,45$$

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

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p-\text{исп.1}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{4,45}{1} = 4,45;$$

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45
3	Интегральный показатель эффективности	4,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

Из этого можно сделать вывод, что использование данной технологии является достаточно эффективным способом решения задачи, описанной в работе, учитывая финансовые и ресурсные ограничения

### **Выводы по разделу**

В данной работе, посвященной анализу аварийных ситуаций возникновения ЧС, расчету аварийных рисков и разработке мероприятий по обеспечению безопасного и надежного функционирования на угольной ТЭЦ, была определена структура работ в рамках научного исследования.

Расчет коэффициента календарности позволил построить план-график научно-технического исследования. Содержание работ для проведения исследования составило 9 этапов. Была определена трудоемкость выполнения работы, длительность выполнения работ в рабочих и календарных днях. Для иллюстрации календарного графика была использована диаграмма Ганта.

Сравнивая различные виды топлива, которые могут использоваться на ТЭЦ (уголь, природный газ и мазут), можно сделать вывод о том, что работа электрической станции на угле эффективнее. Данный проект можно рассчитывать, как финансовый целесообразный.

Проведенный расчет стоимости НТИ показал, что общая стоимость составляет 126826,648.

Проанализировав, значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии во втором исполнении

является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 1, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,45;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,45 по что является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
1Е91		Мутина Ярослава Константиновна	
<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОКД</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Оценка территориальных рисков при аварии на электрической станции	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования прибор и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации.</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> цех топливоподачи.  <i>Область применения:</i> энергетика, электростанции.  <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение.  <i>Размеры помещения:</i> 30*12м  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> ленточные конвейеры, бункеры сырого угля, шаровая мельница, сепаратор, циклон, бункеры пыли.  <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> обслуживание топливоподачи, ведение записи показаний конвейерных весов, подготовка оборудования для проведения ремонтных работ.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>ТК РФ Статья 351.6. Особенности регулирования труда работников в сфере электроэнергетики, сфере теплоснабжения, в области промышленной безопасности, области безопасности гидротехнических сооружений;          Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила осуществления эксплуатационного контроля металла и продления срока службы основных элементов котлов и трубопроводов тепловых электростанций», утверждённые приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 года № 535;          Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;          Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны;</li> <li>2. Повышенный уровень шума;</li> <li>3. Повышенный уровень общей вибрации;</li> <li>4. Неудовлетворительный микроклимат рабочей зоны;</li> <li>5. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.</li> </ol> <p><b>Опасные факторы:</b></p>

	<p>1. Механические опасности, связанные с движущимися машинами и механизмами;</p> <p>2. Воздействие на организм человека электрического тока, в том числе статического электричества;</p> <p>3. Образование взрывоопасной среды.</p> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> спецодежда, спецобувь, рукавицы, каска, беруши, наушники, респираторы, предохранительные пояса, диэлектрические перчатки и обувь.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p><b>Воздействие на литосферу:</b> загрязнение земной поверхности золой, изменение ландшафта, изменение состояния грунтов;</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> термическое загрязнение поверхностных вод; загрязнение газообразными, жидкими и твердыми отходами, изменения состояния грунтовых вод;</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> выбросы загрязняющих веществ. К ним относятся: оксид серы, оксид и диоксид азота, диоксид серы, бензапирен, оксид углерода, сажа, зола углей.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b> Природные катастрофы (землетрясение, наводнение, ураган и т.д.); Техногенные аварии (самовозгорание угольной пыли в бункерах; пожары в кабельном хозяйстве; пожары в турбогенераторах; взрывы паровых котлов)</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> взрыв угольной пыли.</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
<b>01.03.2023</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е91	Мутина Ярослава Константиновна		

## 5 Социальная ответственность

### Введение

Потребление энергии является обязательным условием существования человечества. Наличие доступной для потребления энергии всегда было необходимо для удовлетворения потребностей человека, увеличения продолжительности и улучшения условий его жизни.

Топливоподача является начальным и ответственным звеном технологического процесса выработки электрической и тепловой энергии. Характерной особенностью этого процесса является его непрерывность - от подачи топлива в расходные бункера котлоагрегатов БСУ до выдачи энергии потребителям. Наряду с этим, невозможность складирования электрической и тепловой энергии и практически мгновенная ее реализация создает жесткие и специфические условия работы всего энергетического оборудования.

Главными задачами машиниста топливоподачи являются: контроль за работой путем обхода; обеспечение бесперебойной работы всего оборудования топливоподачи; запуск или остановка механизмов оборудования; выявление неисправностей в работе механизмов; участие в техническом обслуживании и ремонте механизмов топливоподачи; чистка и смазка обслуживаемых механизмов; участие в ликвидации аварийных ситуаций.

Рабочая зона машиниста топливоподачи включает в себя помещение размером 30х12 м, в котором находится основное оборудование для работы цеха, а именно: ленточные конвейеры, бункеры сырого угля, шаровая мельница, сепаратор, циклон, бункеры пыли.

Как и на любом промышленном объекте, работа в данном цехе связана со многими опасными факторами, способными оказывать разную степень воздействия на человека, общество и природную среду.

В данном разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, которые негативно влияют на машиниста топливоподачи, факторы, воздействующие на окружающую среду, а также причины возможных аварий.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

К работе машиниста в цеху топливоподачи допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний к выполнению работ. До допуска к самостоятельной работе рабочий должен пройти у работодателя подготовку и получившие у него подтверждение готовности к работе и прошедшие аттестацию по вопросам безопасности в сфере электроэнергетики, аттестацию в области промышленной безопасности [12].

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте.

Работники опасного производственного объекта обязаны:

Соблюдать правила ведения работ на опасном производственном объекте и порядок действий в случае аварии на опасном производственном объекте: незамедлительно ставить в известность своего непосредственного руководителя об аварии; в установленном порядке приостанавливать работу в случае аварии; в установленном порядке участвовать в проведении работ по локализации аварии на опасном производственном объекте [13].

Работодатель обязан производить специальную оценку условий труда персонала. По результатам СОУТ рабочим местам присваивают классы условий труда [14].

Рабочее место, его оборудование и оснащение, применяемые в соответствии с особенностями выполняемых работ, должны обеспечивать сохранение жизни и здоровья занятых на нем работников. При организации

рабочих мест их взаимное расположение и компоновка должны обеспечивать безопасный доступ занятых на них работников на каждое рабочее место и возможность быстрой эвакуации работников при возникновении аварийной или иной чрезвычайной ситуации [15].

## 5.2 Производственная безопасность

Для выполнения анализа производственной безопасности необходимо определить вредные и опасные факторы, которые могут оказывать влияния на машиниста топливоподачи. При выполнении работ в цеху топливоподачи согласно «ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» могут иметь место следующие факторы, представленные в таблице 26:

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные производственные факторы в цеху топливоподачи

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
2. Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
3. Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
4. Неудовлетворительный микроклимат рабочей зоны	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
5. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение
6. Механические опасности, связанные с движущимися машинами и механизмами	ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности
7. Воздействие на организм человека электрического тока, в том числе статического электричества	ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

## Продолжение таблицы 26

8. Образование взрывоопасной среды	ГОСТ 31610.0-2014. Взрывоопасные среды. Оборудование. Общие требования. РД 34.03.201-97. Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей.
------------------------------------	--

### **Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны**

Запыленность воздуха рабочей зоны оказывает прямое влияние на безопасность труда. Неблагоприятное воздействие пыли на организм может быть причиной возникновения заболеваний. При воздействии на человека больших доз на протяжении одной рабочей смены возникает острое отравление.

В системах пылеприготовления, бункере хранения, а также на конвейерах при транспортировке угольной пыли, наблюдается повышенная запыленность рабочей зоны.

ПДК угольной пыли рабочего места машиниста топливоподачи не должно превышать 10 мг/м<sup>3</sup> согласно ГОСТ 12.1.005-88. Для защиты персонала необходимо применять средства индивидуальной защиты органов дыхания. Оборудовать рабочую зону вентиляцией и системой пылеподавления[16].

### **Повышенный уровень шума**

Источником шума являются электродвигатели приводных станций ленточных транспортёров, а также удары кусков угля о стенки металлические бункеры. Длительное воздействие шума неблагоприятно для человека, так как снижается острота зрения и слуха, повышается кровяное давление, снижается внимание. Особенно вредно шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы. Повышенный уровень шума возникает в зоне ленточных транспортеров, приводных машин и дробилок угля.

Допустимый уровень шума для производственных помещений и на территории предприятия не должен превышать 80 дБА согласно СанПиН 1.2.3685-21 пункт 35.

Для защиты работников от производственного шума следует использовать средства индивидуальной защиты – наушники и беруши [17].

### **Повышенный уровень общей вибрации**

Источником вибрации в помещении является щит управления топливоподачей. Длительное воздействие вибрации неблагоприятно для человека, повышается кровяное давление, снижается внимание. Особенно вредно вибрация влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы и опорно-двигательного аппарата вызывая расстройства.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, предельно допустимой величиной виброускорения для общей транспортно-технологической вибрации на рабочих местах в машинах, перемещающихся по подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок, является  $0,28 \text{ м/с}^2$  или 109 дБ.

Для уменьшения уровня вибрации необходимо использовать виброизоляторы, а для рабочих специальную обувь на виброгасящей подошве.

### **Неудовлетворительный микроклимат рабочей зоны**

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на здоровье человека и его работоспособность. К параметрам микроклимата производственного помещения относятся: температура воздуха, скорость движения воздуха и относительная влажность.

Работа в условиях нагревающего микроклимата сопровождается выраженным напряжением терморегуляторных механизмов, проявляющимся уже при температуре 28-30 °С. При этом значительная функциональная нагрузка приходится на нервную и сердечно-сосудистую системы. Воздействие теплового фактора может привести к срыву адаптации, что проявляется признаками острого перегревания. Показателями хронического

перегревания являются жалобы на боль в области сердца, головную боль, раздражительность, вялость, потливость, снижение аппетита, нарушение сна, головокружение, потемнение в глазах, судороги мышц. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 работа машиниста относится к категории т Па. Для данной категории приведены допустимые величины параметров микроклимата (табл.27).

Таблица 27 – Допустимые величины параметров микроклимата.

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			температура воздуха ниже оптимальных величин	температура воздуха выше оптимальных величин
1	3	4	5	6	7	8
Холодный	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
Теплый	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4

Наиболее распространенными способами защиты от неблагоприятных микроклиматических условий являются вентиляция, отопление или кондиционирование, использование индивидуальных средств защиты от повышенной или пониженной температуры, регламентацией периодов работы в неблагоприятном микроклимате и отдыха в помещении с микроклиматом, нормализующим тепловое состояние.

**Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения**

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность.

Согласно СП 52.13330.2016 рабочее пространство должно быть оснащено таким образом, чтобы обеспечивалось нормальное функционирование рабочего процесса. Согласно нормам искусственного освещения, нормируемая освещенность должна составлять 150 лк [18].

Чтобы повысить показатели освещенности, необходимо увеличить количество световых источников или заменить лампы наибольшей мощности.

### **Механические опасности, связанные с движущимися машинами и механизмами**

Широкое разнообразие видов механического движения и действий, которые могут представлять опасность для рабочих, включают в себя движение вращающихся деталей, возвратно-поступательных плечей, движущихся ремней, и любых частей, которые могут ударить, толкнуть или оказать другое динамическое воздействие. Движущиеся машины и механизмы создают опасность защемления рабочего, нанесения ему механических повреждений, травм, увечий.

При работе возле вращающихся и движущихся частей или механизмов необходимо находиться на безопасном расстоянии в спецодежде, застегнутой на все пуговицы и не имеющей развевающихся частей. Средства индивидуальной защиты: каска защитная, Подшлемник под каску, костюм хлопчатобумажный для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, сапоги резиновые, перчатки комбинированные, очки защитные [19].

## **Воздействие на организм человека электрического тока, в том числе статического электричества**

Электрические установки, используемые на производстве, представляют большую потенциальную опасность. Кроме поражения людей электрическим током нарушение режима работы электроустановок может сопровождаться в отдельных случаях возникновением пожара или взрыва.

Опасность поражения людей электрическим током специфична и усугубляется еще тем, что она не может быть обнаружена органами чувств человека: зрением, слухом, обонянием.

Основных видов поражения: электрические травмы, электрические удары, электрический шок.

Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи для человека устанавливаются ГОСТ 12.1.038-82 при аварийном режиме работы электроустановок постоянного тока частотой 50 и 400 Гц. Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока — 0,3 мА [20].

Статическое электричество оказывает вредное воздействие на организм человека, причем не только при непосредственном контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля, возникающего вокруг заряженных поверхностей. Систематическое воздействие электрических зарядов на человека вызывает головную боль, раздражительность, боли в области сердца

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

### **Образование взрывоопасной среды**

Механизм взрыва пыли является характерным примером химического взрыва, когда окислителем выступает кислород воздуха. При этом процесс окисления протекает на поверхности твердых частиц пыли. Интенсивность

горения пылевоздушной смеси (ПЛВС) зависит от размера частиц и содержания кислорода в веществе.

При взрыве угольной пыли, в качестве поражающих факторов принимаются: избыточное давление на фронте падающей ударной волны в результате взрыва, интенсивность теплового излучения пожара пролива и огненного шара [21].

Действие ударной волны на человека менее 10 кПа считается безопасным, при избыточном давлении от 10 до 30 кПа происходят легкие поражения или легкопроходящие нарушения (звон в ушах, головокружение), при избыточном давлении от 30 до 60 кПа человек получает поражения средней тяжести (вывихи, контузии головного мозга), избыточные давления от 60 до 100 кПа наносят человеку тяжелые контузии и травмы, приводящие к длительной потере работоспособности, при избыточном давлении более 100 кПа происходят крайне тяжелые контузии и травмы (переломы костей, разрывы внутренних органов), которые могут привести к гибели человека [22].

### **5.3 Экологическая безопасность**

*Влияние ТЭЦ на литосферу.* В результате сгорания твердого топлива на ТЭЦ образуется большое количество золошлаковых отходов (далее ЗШО). ЗШО складировать в отвалы, что приводит к отчуждению значительных площадей земель. В результате пылеобразования и горения отвалов загрязняются прилегающие к ним местность и воздушный бассейн. Также происходит изменение ландшафта и изменение состояния грунтов при сооружении разнородных теплоэнергетических объектов, а также потребление ресурсов литосферы [23].

*Влияние ТЭЦ на гидросферу.* На сегодняшний день на большинстве действующих ТЭЦ золу и шлак удаляют при помощи гидравлического метода. При этом способе удаления золы и шлаков весьма значителен расход воды, загрязняемой в процессе удаления золы. Вода после контакта с золой имеет рН

выше 10, содержит фтор, мышьяк и ванадий в концентрациях, превышающих ПДК [24].

Таблица 28 – Допустимые величины параметров микроклимата.

Наименование вещества (загрязнителя)	ПДК, мг/л	Класс опасности
Ванадий	0,1	3
Фтор	1,5	2
Мышьяк	0,01	1

Также, основными факторами воздействия ТЭЦ на гидросферу являются выбросы теплоты, следствием которых могут быть: постоянное локальное повышение температуры в водоеме; временное повышение температуры; изменение условий паводков; изменение распределения осадков, испарений, туманов

Для уменьшения негативного воздействия ТЭЦ на гидросферу применяются специальные водоемы с замкнутым циклом, используется оборудование для очистки, осветления воды. После очистки вода вновь поступает в ТЭЦ и цикл повторяется.

#### *Влияние ТЭЦ на атмосферу.*

ТЭЦ производит выбросы загрязняющих веществ. К ним относятся: оксид серы, оксид и диоксид азота, диоксид серы, бензапирен, оксид углерода, сажа, зола углей. Большая часть сгоревшего твердого топлива выделяется в атмосферу в виде  $CO_2$ , который не относится к токсичным компонентам, но в глобальном масштабе может влиять на климат планеты. Наиболее опасные вещества, загрязняющие атмосферу это оксид азота  $NO$ , который окисляется в атмосфере диоксида азота (ПДК=0,085 мг/м<sup>3</sup>)  $NO_2$ , сернистый ангидрид  $SO_2$ (ПДК=0,5 мг/м<sup>3</sup>), оксид углерода  $CO$ (ПДК=3, мг/м<sup>3</sup>) и летучая зола.

Для предотвращения улечивания золы на ТЭЦ предусмотрены специальные системы золоулавливания и фильтры. Снижение выбросов серы в атмосферу достигается путем предварительной очистки топлива от серы до

сжигания. Для подавления образования оксидов азота применяются мероприятия связанные со снижением температуры в ядре зоны горения топлива.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Важным аспектом устойчивого функционирования и развития промышленного региона является обеспечение энергетической безопасности, в том числе безопасности ЧС.

Среди аварийных ситуаций на ТЭЦ возможны: быстро распространяющиеся пожары, взрывы, разрывы трубопроводов, резервуаров, вытекающие изолированные возгорания, прорыв дамбы (золоотвала), наводнение.

Наиболее типичной ЧС для угольной ТЭЦ является взрыв угольной пыли. Причинами возникновения ЧС является пренебрежение мероприятиями по пылевзрываемости., а также самовозгорание угольной пыли. Превентивными мерами по предупреждению возникновения ЧС являются:

1. Использование системы пылеподавления, смачивающей мелкие частицы, которые попадают в воздух. Это позволяет исключить пыль из воздуха путем распыления мелких капель воды в облаке пыли.

2. Установка приточно-вытяжной вентиляции в помещении ленточного транспортера. Такая система поможет предотвратить помещение от скапливания мелкой пыли.

3. Вакуумная система уборки пыли (центральный пылесос). Этот вид уборки наиболее эффективен для мелких и средних фракций пыли.

При разработке первого оперативного плана ликвидации последствий взрыва угольной пыли должны предусматриваться следующие мероприятия: восстановление нормального проветривания на аварийном участке; обеспечение устойчивой оперативной связи со всеми местами ведения работ; тушение возникших очагов пожаров; обеспечение безопасности при выполнении аварийно-спасательных работ.

Согласно N 123 ФЗ [25]:

Класс пожара — А: горение твердых веществ.

Подкласс пожара — А1: горение твердых материалов, сопровождаемое тлением (например, дерево, бумага, уголь, текстиль).

Рекомендуемые средства тушения пожаров подкласса А1: вода со смачивателями, распыленная вода; пены, огнетушащие порошки типа АВСЕ.

### **Выводы**

В ходе выполнения задания по разделу «Социальная ответственность» рассмотрены возможные ЧС, выявлен наиболее типичный сценарий развития ЧС, а именно взрыв угольной пыли в цеху топливоподачи. Также был сделан вывод, что причиной загрязнения окружающей среды являются: большое количество золошлаковых отходов, термическое загрязнение поверхностных вод, выбросы: оксид серы, оксид и диоксид азота, диоксид серы, бензапирен, оксид углерода, сажа, зола углей.

Были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, которые могут оказать влияние на машиниста топливоподачи.

В соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» машинист топливоподачи должен иметь удостоверение, соответствующее II квалификационной группе по электробезопасности.

Категория работ согласно СанПиН 1.2.3685-21 машиниста топливоподачи по уровню энерготрат организма – Па.

Общий класс условий труда машиниста топливоподачи соответствует вредному 3-му классу 2-й степени вредности.

По взрывопожарной и пожарной опасности цех топливоподачи относится к категории помещения – Б [26].

Объект, оказывающий негативное значительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к I категории [27].

## Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Проанализированы возможные причины аварий. Основные причины возникновения аварий: пожары на складах топлива и топливоподачи; самовозгорание угольной пыли в бункерах; пожары в кабельном хозяйстве; пожары в турбогенераторах; взрывы паровых котлов.

2. Были построены «дерево событий» и «дерево отказов» на основе анализа причин аварий на ТЭЦ, которые могут привести к взрыву. Самой распространенной аварией считается взрыв угольной пыли.

3. Проведены расчеты и определены зоны поражения в случае взрыва угольной пыли на исследуемом объекте. Были отображены графически на спутниковой схеме зоны разрушения бункерного отделения.

При взрыве угольной пыли примыкающие к территории ТЭЦ объекты не получают серьезных разрушений, так же будут минимальным травмированием людей.

4. На основании проведенных расчетов предложены мероприятия по предотвращению скопления угольной пыли, такие как: внедрение систем пневмогидроорошения; обеспыливания надбункерных галерей при загрузке бункеров топливом путем отсасывания запыленного воздуха; использование противопопылевых завес в выходной зоне и использование инертной пыли.

## Список литературы

1. Гиршфельд В. Я., Морозов Г. Н. Тепловые электрические станции. – М.: Энергия, 2020.
2. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций. – М.: Энергоатомиздат, 2017г. –215с.
3. Измалков В.И. Безопасность и риск при техногенных воздействиях / В.И. Измалков, А.В. Измалков. – М.: НИЦЭБ РАН, 2014 г. – 269 с
4. Несчастные случаи и аварии. [электронный ресурс]: URL: <http://usib.gosnadzor.ru/info/>.
5. Колесниченко И.Е. Теория горения и взрыва метана и угольной пыли // Уголь. – 2016. – №6. – С. 32 – 37.
6. Атапина Н.В. Сравнительный анализ методов оценки рисков и подходов к организации – риск менеджмента. – М.: Молодой ученый, 2013 – 243 с.
7. Сибикин Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. Учеб.пособие/ Сибикин Ю.Д. - М.: Академия, 2013
8. Баутин, С.П. Аналитическая тепловая волна / С.П. Баутин. - М.: 2017. - 376 с.
9. Карауш, С.А. Оценка параметров промышленных взрывов: учебное пособие / С.А. Карауш. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 96 с. 1.
10. ГОСТ Р 12.3.047–2012. Национальный стандарт российской федерации. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
11. Вогман Л. П., Зуйков В. А., Чистов А. Е. Анализ пожарной

опасности пневмотранспортных установок горючих пылей и меры по обеспечению их пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. - №2. – 2013 г.

12. РД 34.03.269-93. Типовая инструкция по охране труда для машиниста топливоподачи: утверждена Отделом охраны труда и техники безопасности комитета электроэнергетики Минтопэнерго РФ 26.01.93 г.
13. ТК РФ Статья 117 Особенности регулирования труда работников, занятых на подземных работах.
14. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».
15. ТК РФ. Статья 351.6 Особенности регулирования труда работников в сфере электроэнергетики, сфере теплоснабжения, в области промышленной безопасности, области безопасности гидротехнических сооружений.
16. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
17. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
18. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
19. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности
20. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
21. ГОСТ 31610.0-2014. Взрывоопасные среды. Оборудование.

Общие требования.

22. РД 34.03.201-97. Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей.
23. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных выбросах ТЭЦ в атмосферу. – Ленинград: Химия, 1999. –206 с.
24. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1315-03
25. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ.
26. СП 12.13130.2009. Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
27. Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий.