

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
<b>Анализ риска чрезвычайных ситуаций в медеплавильном цехе</b>

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E91	Мерзликин Антон Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Задорожная Т. 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 ООД	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
1Е91	Мерзликин Антон Евгеньевич

Тема работы:

Анализ риска чрезвычайных ситуаций в медеплавильном цехе	
Утверждена приказом (дата, номер)	13.01.2023 №13-54/с

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<b>Объект исследования:</b> медеплавильный цех. <b>Область применения:</b> плавка медной руды <b>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</b> работа с высокими температурами.
<b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Рассмотреть технологические процессы производства меди в медеплавильном цехе.</li><li>2. Привести технологическую схему медеплавильной печи.</li><li>3. Построить дерево событий и дерево отказов для определения риска ЧС в медеплавильном цехе.</li><li>4. Разработать мероприятия по снижению вероятности реализации аварийных ситуаций.</li></ol>
<b>Перечень графического материала</b>	

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОКД	Задорожная Т. А.	к.т.н.		02.02.2023 г.

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1Е91	Мерзликин Антон Евгеньевич		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	Мерзликин Антон Евгеньевич

Тема работы:

Анализ риска чрезвычайных ситуаций в медеплавильном цехе
--

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
02.02.2023	Обзор литературы; сбор, анализ, систематизации информации по ВКР	5
08.03.2023	Изучение методик анализа риска возникновения аварийной ситуации	15
30.03.2023	Изучение технологической схемы медеплавильной печи	20
10.04.2022	Анализ основных причин реализаций аварийных ситуаций медеплавильном цехе.	20
01.05.2023	Разработка мероприятий по снижению вероятности реализации аварийных ситуаций.	20
10.05.2023	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
01.06.2023	Оформление и представление ВКР	10

**СОСТАВИЛ:****Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Задорожная Т. А.	к.т.н.		02.02.2023

**СОГЛАСОВАНО:****Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2022

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E91	Мерзликин Антон Евгеньевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Анализ риска чрезвычайных ситуаций в медеплавильном цехе» состоит из текстового документа на 79 страниц, 5 рисунков, 17 таблиц, 20 источников.

Ключевые слова: медь, медеплавильная печь, взрыв, шихта, чрезвычайные ситуации, мероприятия.

Объектом исследования является: медеплавильный цех.

Цель работы – оценка риска чрезвычайных ситуаций в медеплавильном цехе и разработка мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации медеплавильных печей.

В процессе исследования проводились: изучение технологической схемы медеплавильной печи; анализ основных причин реализации аварийных ситуаций в медеплавильном цехе; моделирование типовых сценариев развития чрезвычайных ситуаций; разработка мероприятий по предупреждению ЧС в медеплавильном цехе.

В результате исследования были предложены мероприятия для снижения вероятности реализации аварийных ситуаций.

Область применения: результаты могут быть использованы при эксплуатации медеплавильных печей в медеплавильных цехах.

В будущем планируется продолжить исследования при обучении в магистратуре.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	11
1. Обзор литературы.....	15
1.1. Общая характеристика медеплавильного производства .....	15
1.2. Анализ статистических данных по аварийным ситуациям на объектах цветной металлургии.....	16
1.3. Идентификация опасного производственного объекта .....	21
1.4 Требования промышленной безопасности, предъявляемые к опасным производственным объектам .....	23
2.1 Технологическая схема медеплавильной печи.....	26
2.2. Методы оценки риска чрезвычайных ситуаций на ОПО .....	29
3. Анализ причин реализации ЧС в медеплавильном цехе.....	35
3.1. Построение дерева отказов технических систем в ЧС для медеплавильного цеха .....	35
3.2. Построение возможных сценариев возникновения и развития ЧС в медеплавильном цехе .....	37
4. Результаты и их обсуждение.....	39
4.1. Разработка мероприятий по предупреждению ЧС в медеплавильном цехе.....	39
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	43
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..	43
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	43
5.1.2 SWOT-анализ.....	45
5.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	47
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	47
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	48
5.3.1 Бюджет научно-технического исследования .....	51
5.3.2 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	52
5.3.3 Расчет амортизации специального оборудования .....	52
5.3.4 Основная заработная плата исполнителей темы.....	53
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	55
5.3.5 Накладные расходы.....	56
5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы	56
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	57
Вывод по разделу .....	59
6 Социальная ответственность .....	63
6.1 Анализ выявленных вредных факторов .....	63
6.1.1 Движущиеся и вращающиеся машины и механизмы.....	63
6.1.2 Расплавленный металл и шлак.....	63
6.1.3 Разгерметизация за счет коррозионного разрушения .....	65

6.1.4 Работа в газоопасных местах .....	66
6.1.5 Природные факторы (землетрясение, пожар, оползни) .....	67
6.1.6 Повышенный уровень шума, вибрации .....	68
6.2 Экологическая безопасность при эксплуатации .....	69
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	72
Вывод по разделу .....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## **Введение**

Интенсификация технологических процессов в металлургической промышленности может привести к усложнению взаимодействия человека с оборудованием, увеличению нагрузки на окружающую среду, а также к росту вероятности возникновения техногенных катастроф.

Металлургическая промышленность включает в себя черную и цветную металлургии.

Черная металлургия – занимается производством железа, стали и ферросплавов, а также марганца и хрома.

Цветная металлургия – производит более 70 различных металлов с ценными свойствами, таких как медь, алюминий, цинк, свинец и другие. [1]

Обеспечение безопасной жизнедеятельности на металлургических предприятиях зависит от совместных усилий по решению проблем экологической безопасности и промышленной безопасности. Это позволит снизить воздействие опасных и вредных факторов на работников и окружающую среду.

Подтверждением актуальности настоящей работы может служить официальная статистика Росреестра, где произошло 8 (35%) аварий на производстве цветной металлургии за период 2012–2021 гг.

Проведенный анализ показал, что основными причинами аварий и инцидентов в металлургии являются:

- нарушения требований промышленной безопасности;
- высокий физический износ эксплуатируемого оборудования;
- низкая производственная и трудовая дисциплина работников.

Для оценки вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций на промышленных предприятиях используют понятие риска.

Цель работы – оценка риска чрезвычайных ситуаций в медеплавильном цехе и разработка мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации медеплавильных печей.

Были сформулированы задачи для достижения цели:

- рассмотреть технологические процессы получения меди в медеплавильном цехе;
- провести анализ статистических данных по аварийным ситуациям на объектах цветной металлургии;
- построить дерево событий и дерево отказов для определения риска ЧС в медеплавильном цехе;
- разработать мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций в медеплавильном цехе.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

МПЗ – медеплавильный завод;

ПЦ – плавильный цех;

КЦ – конвертерный цех;

АЦ – анодный цех;

ОПО – опасный производственный объект;

НР – научный руководитель;

НТД – нормативно-техническая документация;

НТИ – научно-техническое исследование;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

СИЗ – средство индивидуальной защиты;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

ОАО – открытое акционерное общество

ООО – общество с ограниченной ответственностью

ПАО – публичное акционерное общество

ФЗ – Федеральный закон

ГОСТ – Государственный стандарт

ГОСТ 12.2.003–91. Система стандартов безопасности труда.

Оборудование производственное. Общие требования безопасности

Приказ Ростехнадзора от 09.12.2020 N 512 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности процессов получения или применения металлов

ГОСТ Р 52241–2004. Источники ионизирующего излучения радионуклидные закрытые. Классы прочности и методы испытаний

ГОСТ Р 12.4.131–2017 "Система стандартов безопасности труда. Работы в газоопасных пространствах. Общие требования безопасности".

ГОСТ Р 22.0.03–2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения

ГОСТ 12.1.003–2014 Система стандартов безопасности труда. Шум.  
Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.038–82. Электробезопасность. Предельно допустимые  
значения напряжений прикосновения и токов

ГОСТ Р 58208–2018. Национальный стандарт Российской Федерации.  
Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от  
падения с высоты. Система индивидуальной защиты от падения с высоты.

## **1. Обзор литературы**

### **1.1. Общая характеристика медеплавильного производства**

В настоящее время разработано несколько способов получения меди.

Основными являются:

- пирометаллургия;
- гидрометаллургия;
- электролиз.

Пирометаллургический процесс является трудоемким и продолжительным, но он позволяет получить почти 90 % всей меди.

Для производства меди с помощью пирометаллургического способа существует несколько этапов, включая обогащение материала и получение конечного продукта. Каждый этап включает в себя строго определенную последовательность технологических операций [1]:

1. Измельчение руды с помощью специальных дробилок и последующее ее измельчение в мельницах шарового типа.

2. Флотация: предварительно измельченная руда смешивается с флотореагентом и помещается в флотационную машину, где ксантогенат калия покрывает медные минералы. В этом процессе важную роль играет известь, которая предотвращает обволакивание ксантогената другими минералами. Пузырьки воздуха прилипают к медным частицам и поднимают их на поверхность, образуя медный концентрат. Этот концентрат проходит процесс удаления избыточной влаги.

3. Обжиг: руды и концентраты подвергаются процессу обжига в моноподовых печах для удаления серы. В результате получается огарок и серасодержащие газы, используемые для получения серной кислоты.

4. Плавка шихты в печи отражательного типа. На этом этапе загружают шихту с содержанием влаги менее 6%, которая обжигается при температуре 1500 °С. Одним из ключевых условий работы является поддержание в печи нейтральной атмосферы. В результате происходит сульфидирование меди, и она преобразуется в штейн. Сущность процесса

заключается в подаче воздуха под давлением через жидкий расплав меди. Эта процедура осуществляется в специальных конвертерах – вертикальных или горизонтальных. Обогащенные концентраты медных руд далее поступают на заключительную переработку [1].

5. Конвертирование. Полученная в ходе предыдущих стадий медь и кварцевый флюс продуваются в специальном конвертере в течение 15–24 часов. В результате образуется черновая медь, которая содержит до 3% примесей. Эти примеси удаляются путем электролиза.

6. Рафинирование огнём. Расплавленная медь рафинируется в специальной печи, в результате чего образуется красная медь.

7. Электролизное рафинирование: эта стадия включает очистку анодной и огневой меди для максимальной чистоты [1].

## **1.2. Анализ статистических данных по аварийным ситуациям на объектах цветной металлургии**

В Государственном реестре опасных производственных объектов Российской Федерации на 1 января 2022 г. зарегистрировано 1280 опасных производственных объектов, эксплуатацию которых осуществляют 839 поднадзорных организаций, из них:

I класса опасности – 19;

II класса опасности – 325;

III класса опасности – 922;

IV класса опасности – 1.

В 2021 году основными видами поднадзорных технических устройств металлургического производства являлись:

доменные печи – 40 (в 2020 году – 40);

электродуговые печи – 614 (в 2020 году – 619);

прокатные станы – 235 (в 2020 году – 240).

В металлургической отрасли производственную деятельность осуществляют около 588 тыс. человек.



Сведения о случаях аварийности и травматизма в 2012–2021 годах (рисунок 1) [2].

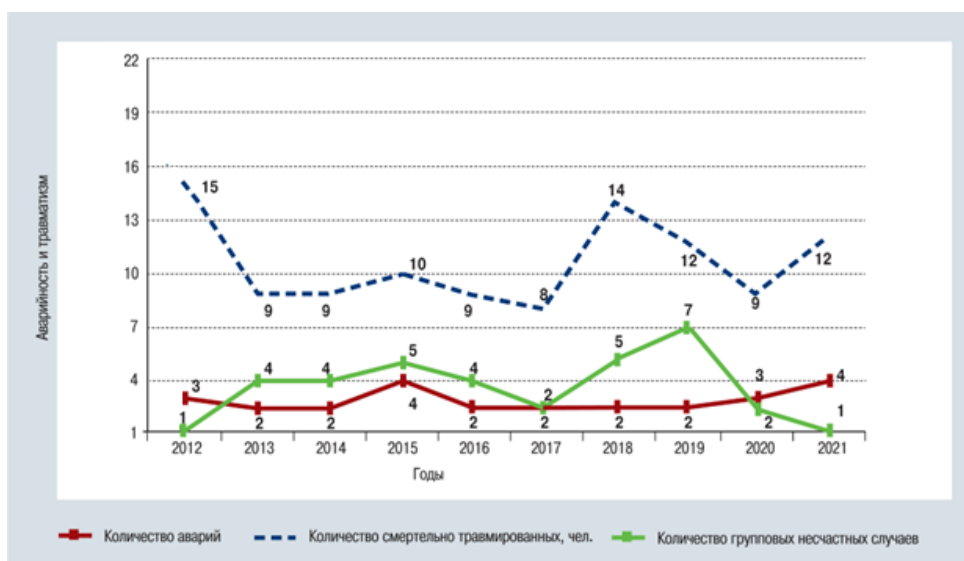


Рисунок 1 – Динамика изменения аварийности и травматизма со смертельным исходом на объектах металлургических и коксохимических производств в 2012–2021 годах

За 10 лет на металлургических предприятиях и производствах уменьшилось количество случаев группового травматизма и увеличилось количество смертельных случаев.

За период 2012–2021 году произошли аварии, связанные с неконтролируемым взрывом (33 % от общего количества аварий) и повреждением, разрушением технических устройств (67 %).

Основными травмирующими факторами смертельных несчастных случаев явились: воздействие технологических газов и термические ожоги (28 %), воздействие вращающихся и движущихся частей оборудования (17 %), выбросы расплавов и раскаленных газов из металлургических агрегатов (17 %), падение с высоты (10 %).

Анализ причин несчастных случаев показал, что основными причинами явились: неудовлетворительная организация производства работ (24%); нарушение трудовой, производственной дисциплины и правил внутреннего трудового распорядка (14,5%); низкий уровень производственного контроля промышленной безопасности (14,5%); конструктивные недостатки технических устройств (11%); нарушение технологии ведения металлургических процессов (11%); неудовлетворительное техническое состояние ограждений (8,5%); неудовлетворительная подготовка работников (8,5%); неудовлетворительная организация ремонтных работ (8%) [5].

Так же исходя из представленной статистики можно сделать вывод, что 35% аварий за период 2012–2021 гг. приходится на отрасль цветной металлургии [10].

1 марта 2012 в ОАО «Медногорский медно-серный комбинат» в медеплавильном цехе при конвертировании медного штейна на конвертере № 5313 произошло обрушение пылевых бункеров и отрыв коллектора, расположенного в нижней части стационарного напыльника. Смертельно пострадал бригадир.

3 сентября 2013 г. в Заполярном филиале ОАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель» (Красноярский край, г. Норильск) во время проведения плавки произошел выброс расплава из рудно-термической печи. Пострадавших в результате аварии нет.

25 мая 2014 г. в плавильном цехе на рабочей площадке плавильной печи ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат» (поднадзорно Уральскому управлению) произошел несчастный случай со смертельным исходом в результате обвала шихтовых материалов в рабочем пространстве печи в зоне проплавления. Произошел выброс горячих газов и раскаленных частиц из рабочего пространства печи. Плавильщик получил термические ожоги, от которых через некоторое время скончался в больнице.

2 сентября 2015 г. в ОАО «Фрязинский экспериментальный завод», Московская область (поднадзорно Приокскому управлению), в литейном цехе

производства алюминиевых слитков при розжиге печи нормализации алюминиевого профиля произошел неконтролируемый взрыв внутри печи. В результате взрыва газовой смеси печь нормализации и вспомогательное оборудование получили повреждения, не подлежащие восстановлению. От полученных травм начальник цеха скончался в больнице.

28 декабря 2016 года в ООО «Точинвестцинк» произошла авария. В результате деформации фундамента печи была разрушена ванна цинкования, что повлекло выход расплава (около 700 т) в приямок. Пострадавших в результате аварии нет.

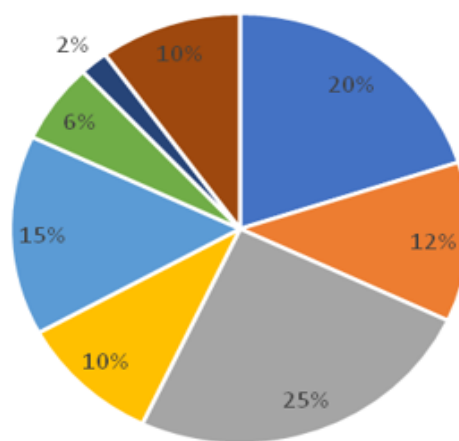
2 апреля 2017 года при загрузке шихты в ООО «Уральская свинцовая компания» произошел взрыв с отрывом крышки печи и выброс шихты с последующим возгоранием. В результате аварии и группового несчастного случая погиб 1 человек, пострадали 3. Причина аварии – нарушение технологического процесса плавки свинца, выразившееся в загрузке в печь свинецсодержащей шихты с высоким содержанием влаги и непроведении процесса выдержки шихты, загруженной в печь.

28 ноября 2017 года в ПАО Горно-металлургическая компания «Норильский никель» произошло разрушение строительных конструкций надкровельной части шахты пароудаления и разрушение строительных конструкций кровли плавильного цеха № 1. Пострадавших нет. Причина аварии – низкий уровень производственного контроля за состоянием зданий и сооружений.

19 августа 2018 года в АО «Оскольский электрометаллургический комбинат «ПАО «Надеждинский металлургический завод» (г. Старый Оскол, Белгородская область) при перемещении стальной заготовки с жидким металлом произошел выплеск металла на рабочую площадку с попаданием на мастера. От термического воздействия пострадавший получил ожог более 90 % поверхности тела II–III степени. Причины несчастного случая: низкий уровень производственного контроля со стороны должностных лиц при осуществлении производственных процессов по перемещению грузов.

7 февраля 2019 года в ОАО «Череповецкий литейно-механический завод» в процессе выплавки на индукционной печи № 1 цеха № 2 произошел проход жидкого металла через футеровку, что повлекло хлопок с выбросом части жидкого металла и возгорание корзины печи, шлангов, а также кабельной подвески мостового крана и утеплителя между металлоконструкцией рам и плит покрытия кровли фонаря.

Следует также обратить внимание на то, что возросло не только число случаев травматизма, а даже тяжесть травм, в связи с чем пострадавший работник теряет трудоспособность на более длительный срок или в отдельных случаях становится нетрудоспособным по состоянию здоровья. К наиболее часто встречающимся причинам возникновения несчастных случаев относятся травмирование при эксплуатации подъемно-транспортных средств, занимающие до 25% всех случаев травматизма, и ожоги расплавленным металлом или шлаком, почти 20% всех случаев травматизма (рисунок 2) [2].



- Ожоги расплавленным шлаком или металлом
- Отравление газом и взрывы
- Травмирование при эксплуатации подъемно-транспортных средств
- Травмирование механизмами агрегатов и оборудования
- Придавливание, засыпание людей в результате обрушения конструкций, оборудования, материалов
- Падение с высоты
- Поражение электрическим током
- Прочее

Рисунок 2 – Основные причины возникновения несчастных случаев на производственных предприятиях отрасли цветной металлургии

### 1.3. Идентификация опасного производственного объекта

Медеплавильный цех является опасным производственным объектом по ряду причин. Вот несколько основных аргументов, обосновывающих его опасность:

- **Высокие температуры:** медеплавильный цех работает с высокими температурами при переплавке металлов. Это создает потенциальную опасность возникновения пожара и взрыва. В случае неправильного контроля или аварийных ситуаций, высокие температуры могут привести к серьезным последствиям для работников и окружающей среды.
- **Использование опасных веществ:** в процессе переплавки металлов в медеплавильном цехе могут использоваться опасные вещества – химические

реагенты или флюсы (хлорид цинка, фосфор, сера, натрий), которые могут быть вредными при контакте с кожей, вдыхании или попадании в водные и почвенные системы.

- Высокое давление: медеплавильный цех использует трубопроводы и клапаны для управления потоком жидкостей и газов работающие под высоким давлением. Если не соблюдаются меры безопасности, это приводит к возникновению аварийных ситуаций, например, разрыву трубопроводов или емкостей, сопровождающихся выбросом опасных веществ или взрывом.

- Выбросы и загрязнения: медеплавильный цех может являться источником выбросов и загрязнений окружающей среды. При переплавке металлов могут выделяться вредные газы, водород ( $H_2$ ), азот ( $N_2$ ), углекислый газ ( $CO_2$ ), оксид углерода ( $CO$ ), аммиак ( $NH_3$ ), хлор ( $Cl_2$ ), сера ( $S$ ), аргон ( $Ar$ ). Пыль, которая состоит из мелких частиц меди и других металлов, таких как железо, цинк, олово и другие. Эта пыль может быть опасной для здоровья и окружающей среды, поэтому необходимо принимать меры для ее предотвращения и удаления. Также загрязняющие вещества, которые, если не контролируются и не обрабатываются, могут иметь негативное влияние на здоровье людей и экологическую ситуацию в окружающей среде [3].

На основании п.4 Приложения 1 Федерального закона от 21.07.1997г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», к категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых получают, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более [4].

Если на участке эксплуатируются технические устройства с количеством расплава от 500 до 10000 килограммов каждое, то данный объект относится к опасным производственным объектам II класса опасности при условии, если объект не идентифицируется по иным признакам опасности в

соответствии с Приложением 1 ФЗ – 116. Следует учесть возможное наличие иного оборудования с количеством расплава свыше 10000 кг, например, ковш, миксер и другое [4].

В целях обеспечения промышленной безопасности, предупреждения аварий, случаев производственного травматизма на объектах, где получают, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов следует руководствоваться «Правилами безопасности при получении, транспортировании, использовании расплавов черных и цветных металлов и сплавов на основе этих расплавов» утвержденных приказом Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [5].

#### **1.4 Требования промышленной безопасности, предъявляемые к опасным производственным объектам**

Требования промышленной безопасности должны соответствовать нормам и правилам, установленным законодательством Российской Федерации. Они должны обеспечивать защиту жизни и здоровья людей, окружающей среды, а также сохранность имущества.

Медеплавильный цех – это опасный производственный объект, где происходит плавка металлов и сплавов при высоких температурах. Поэтому предъявляются требования промышленной безопасности, которые необходимо соблюдать в цехе.

К основным требованиям безопасной эксплуатации опасных производственных объектов (ОПО) цветной металлургии относятся:

##### **1. Требования к организации производства:**

- Необходимо разработать и утвердить план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий, который должен включать в себя мероприятия, направленные на предупреждение возникновения аварий.

- Все работники должны быть обучены и аттестованы в соответствии с требованиями промышленной безопасности.

## 2. Требования к оборудованию:

- Оборудование должно быть установлено в соответствии с проектными решениями.

- Оборудование должно проходить регулярную проверку и техническое обслуживание.

## 3. Требования к территории:

- Территория должна быть ограждена и оборудована системой видеонаблюдения.

- На территории должны быть установлены знаки безопасности и информационные таблички.

## 4. Требования к персоналу:

- Персонал должен проходить регулярные медицинские осмотры и иметь необходимые допуски.

- Работники должны быть ознакомлены с правилами безопасности на производстве и обязаны их соблюдать.

## 5. Требования к хранению и транспортировке опасных веществ:

- Хранилища опасных веществ должны быть оборудованы системами безопасности и контроля.

- Транспортировка опасных веществ должна осуществляться в соответствии с установленными требованиями.

## 6. Требования к контролю за производством:

- Контроль за производством должен осуществляться на всех этапах, включая входной контроль материалов и контроль за качеством продукции.

- Должны быть установлены системы мониторинга и контроля за состоянием оборудования и технологических процессов.

## 7. Требования к системам безопасности:

- Системы безопасности должны быть разработаны и установлены в соответствии с проектной документацией.



- Системы должны проходить регулярную диагностику и обслуживание.

Поэтому необходимо соблюдать все требования, связанные с безопасностью, и проходить регулярное обучение и повышение квалификации для набора персонала [5].

## **2. Объект и методы исследования**

### **2.1 Технологическая схема медеплавильной печи**

Объект – медеплавильный цех. Площадь застройки – 1173 м<sup>2</sup>

Здание включает в себя медеплавильный цех размерами: длиной 196 м и шириной 85 м со встроенной трехэтажной административной частью.

Здание цеха соответствует классу опасности – II т. к. на производственном объекте, используется оборудование, рассчитанное на максимальное количество расплава 10000 килограммов и более. На основании п.4 Приложения 1 Федерального закона от 21.07.1997г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"

При возведении здания все основные строительные конструкции являются несгораемыми. Здание цеха имеет II степень огнестойкости.

Фундамент – бетон ленточный.

Стены – кирпичные.

Перегородки – кирпичные.

Перекрытие – фонарное по металлическим фермам, фермы закреплены на металлических колоннах.

Кровля – покрытие совмещенное, защитный настил из досок, четыре слоя рубероида.

Пол – бетонный.

Внутренняя отделка – стены оштукатурены и побелены.

Водоснабжение:

Здание цеха оборудовано внутренним противопожарным водопроводом и наружным противопожарным водопроводом.

Здание цеха оборудовано первичными средствами пожаротушения – огнетушители углекислотные и порошковые. На каждом этаже здания по два огнетушителя, один порошковый и один углекислотный. Проверка углекислотных огнетушителей проводится один раз в год, каждые три месяца проводится внешний осмотр огнетушителей. На мотовозе, тракторе, кранах

также по два огнетушителя – углекислотный и порошковый. На каждом участке работ по одному углекислотному огнетушителю.

Оборудовано два места для курения: у ворот около здания цеха на улице.

Промасленные опилки и бытовой мусор складированы в специальные идентифицированные емкости с закрывающимися крышками. В середине первого пролета механического участка установлены две емкости.

Лестничные марши обработаны огнестойким составом. Объемные самосветящиеся знаки пожарной безопасности находятся в исправном состоянии.

Разработаны и на видных местах вывешены схематические планы эвакуации людей в случае пожара. Основными путями эвакуации из здания являются эвакуационные выходы. На каждом этаже по два эвакуационных выхода [6].

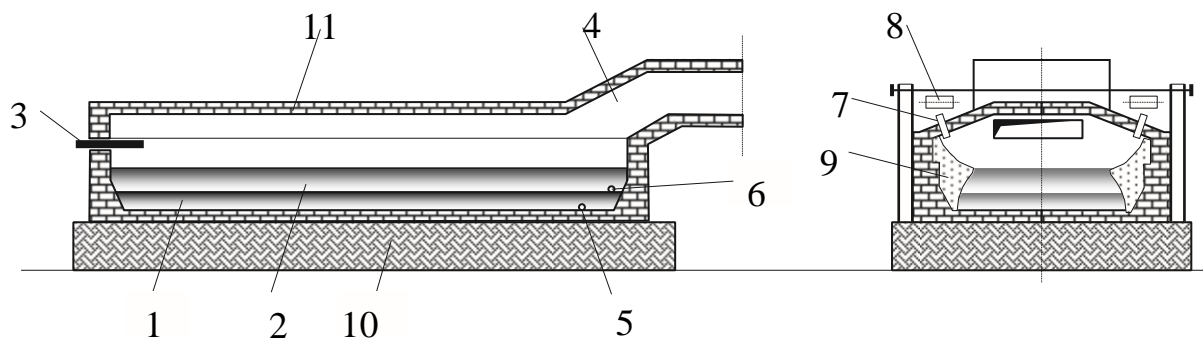
Медеплавильный цех представляет собой территориально и административно обособленную единицу. Цех состоит из основных участков

Плавильный цех (ПЦ), Конвертерный цех (КЦ), Анодный цех (АЦ), а также и вспомогательных участков ремонта оборудования, отделения по пылеулавливанию и газоочистке, участка подготовки вторичного сырья и шихты (на консервации). Основным сырьем для медного завода является его рудная составляющая: медный концентрат, поступающий с участка фильтрации обогатительной фабрики, богатая руда рудника, цементная медь с цеха электролиза и конвертерный шлак из конвертерного цеха. В медеплавильном цехе эксплуатируются такие аппараты как:

- загрузочная корзина
- отражательная печь
- миксеры штейна
- миксеры шлака
- конвертеры
- анодо-разливочные машины

Печь является основным источником опасности [7].

Печи для отражательной плавки получили наибольшее распространение в медной промышленности. Сущность отражательной плавки на штейн сульфидных концентратов и рудной мелочи заключается в том, что шихта плавится за счет тепла от сжигания углеродистого топлива в газовом пространстве над ванном расплавом в печи с горизонтально расположенным рабочим пространством (рисунок 3).



1 – штейн; 2 – шлак; 3 – горелка; 4 – аптейк; 5 – летка для выпуска штейна; 6 – летка для выпуска шлака; 7 – загрузочная течка; 8 – транспортер скребковый; 9 – откос шихтовый; 10 – фундамент; 11 – подвесной свод  
Рисунок 3 – Схема плавления шихты на откосах отражательной печи

Шихту загружают на ванну или на откосы вдоль боковых стен печи. Раскаленные топочные газы, проходя над поверхностью ванны и шихты, нагревают их, а также стены и свод, и покидают печь, имея еще сравнительно высокую температуру (выше температуры плавления шлака). Теплопередача в печи осуществляется в основном за счет лучеиспускания от раскаленных стен, свода и раскаленного факела [6].

Нагреваясь постепенно до высокой температуры, шихта плавится. Металлы, обладающие высоким сродством к кислороду, при этом концентрируются в оксидном расплаве – шлаке. Медь, никель, благородные металлы и часть железа, и серы переходят в сульфидную фазу – штейн. Обладая малой взаимной растворимостью и различной плотностью (так, плотность штейна  $5 \text{ т/м}^3$ , а шлака –  $3 \text{ т/м}^3$ ), продукты плавки при отстаивании разделяются на два слоя: шлак располагается сверху, а штейн – под ним.

В процессе плавки железо окисляется кислородом из оксида меди, а медь переходит в сульфид.

Таким образом, при отражательной плавке происходит перевод основной массы пустой породы в шлак и концентрация ценных компонентов в штейне.

Отражательная медеплавильная печь выложена из огнеупорного кирпича. Длина печи достигает 35 – 40 м, высота – до 3,0 – 3,5 м. Ширина печи колеблется от 6 до 10 м в зависимости от производительности [3].

Отражательная печь – это типичная пламенная печь, отапливаемая газом, поступающим в рабочее пространство через горелки, установленные в окнах передней торцевой стены. Воздух для сжигания газа нагнетается в печь вентилятором. Температура в первой, плавильной, зоне печи достигает 1550 °С. В конце печи температура еще высока – до 1200–1250 °С. Примерно треть длины печи в конце ее занимает зона отстаивания, где происходит разделение штейна и шлака. Тепловой коэффициент полезного действия печи невелик, так как температура отходящих газов очень высока. Тепло отходящих газов обычно используется в котле-утилизаторе, расположенном на пути газов за печью, при этом удается снизить температуру газов до 300–400 °С. Часть дымовых газов отводится через обводной дымовой боров мимо котла-утилизатора. Перед котлом и в обводном борове установлены дымовые шиберы (водоохлаждаемые).

Выпуск шлака производят через летку в задней торцевой стенке печи, а штейна – через несколько отверстий в боковых стенках. Выпуск штейна и шлака осуществляется периодически [8].

## **2.2. Методы оценки риска чрезвычайных ситуаций на ОПО**

В настоящее время одним из эффективных способов исследования риска возникновения аварийных ситуаций является анализ и его дальнейшая оценка. Рассматривая производственные опасности, которые могут привести к аварийной ситуации, можно оценить возможные последствия аварий, а

вследствие этого разработать план мероприятий, направленный на уменьшение полученного ущерба и ликвидацию данных последствий.

Риск аварии – это уровень опасности, характеризующий возможность возникновения аварийной ситуации на опасном производственном объекте и тяжесть последствий данной ситуации. Основными количественными показателями риска аварии являются:

- технический риск – вероятность отказа технических устройств с определенными последствиями за определенный период функционирования опасного производственного объекта;

- индивидуальный риск – частота поражения отдельного человека в результате воздействия на него различных исследуемых факторов опасности аварийных ситуаций;

- потенциальный территориальный риск – частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке территории;

- коллективный риск – предполагаемое количество пострадавших в результате возникновения возможных аварий за определенный период времени;

- социальный риск – зависимость частоты возникновения событий  $F$ , в которых пострадало на определенном уровне не менее  $N$  человек, от этого числа  $N$ . Характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасностей;

- ожидаемый ущерб – математическое ожидание величины ущерба от возникновения возможной аварии за определенный период времени [5].

Анализ риска аварий на опасных производственных объектах является неотъемлемой частью управления промышленной безопасностью, он заключается в систематическом использовании всей доступной информации, касающейся производства, для выявления опасностей и оценки риска возникновения возможных аварийных ситуаций.

Анализ опасностей и оценки риска аварий на ОПО представляют собой совокупность научно-технических методов исследования опасностей

возникновения, развития и последствий возможных аварий, включающую планирование работ, идентификацию опасностей аварий, оценку риска аварий, установление степени опасности возможных аварий, а также разработку и своевременную корректировку мероприятий по снижению риска аварий.

Процесс проведения анализа риска включает следующие основные этапы:

- планирование и организация работ;
- идентификация опасностей;
- оценка риска;
- разработка рекомендаций по уменьшению риска.

На этапе планирования работ следует:

- определить анализируемый опасный производственный объект и дать его общее описание;
- описать причины и проблемы, которые вызвали необходимость проведения анализа риска;
- подобрать группу исполнителей для проведения анализа риска;
- определить и описать источники информации об опасном производственном объекте;
- указать ограничения исходных данных, финансовых ресурсов и другие обстоятельства, определяющие глубину, полноту и детальность проводимого анализа риска;
- четко определить цели и задачи проводимого анализа риска;
- обосновать используемые методы анализа риска;
- определить критерии приемлемого риска.

Основные задачи этапа идентификации опасностей – выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации. Это ответственный этап анализа, так как не выявленные на этом этапе опасности не подвергаются дальнейшему рассмотрению и исчезают из поля зрения [8].

Основными задачами этапа оценки риска являются:

- определение частоты возникновения аварийных и всех нежелательных событий;

- оценка возможных последствий возникновения аварийных и иных нежелательных событий;

- обобщение оценок риска.

Для определения частоты нежелательных событий рекомендуется использовать:

- статистические данные по аварийности и надежности технологической системы, соответствующие специфике опасного производственного объекта или виду деятельности;

- логические методы анализа «деревьев событий», «деревьев отказов», имитационные модели возникновения аварий в система «человек-машина»;

- экспертные оценки путем учета мнения специалистов в данной области.

Оценка последствий включает анализ возможных воздействий на людей, имущество и окружающую природную среду. Для оценки последствий необходимо оценить физические эффекты нежелательных событий (отказы, разрушение технических устройств, зданий, сооружений, пожары, взрывы, выбросы токсичных веществ), уточнить объекты, которые могут быть подвергнуты опасности [8].

Обобщенная оценка риска (или степень риска) аварий должна отражать состояние промышленной безопасности с учетом показателей риска от всех нежелательных событий, которые могут произойти на опасном производственном объекте. Разработка рекомендаций по уменьшению риска является заключительным этапом анализа риска. В рекомендациях представляются обоснованные меры по уменьшению риска, основанные на результатах оценок риска.

Традиционный подход к обеспечению безопасности базируется на концепции «абсолютной безопасности». Ее суть сводилась к стремлению сделать технику и техносферу абсолютно безопасной для людей и



предполагала внедрение всех мер защиты, которые практически осуществимы. Однако сейчас люди пришли к пониманию, что абсолютная безопасность недостижима или связана с огромными, подчас неоправданными для общества финансовыми затратами. Кроме того, обеспечить нулевой риск в действующих системах невозможно, поэтому человек должен понимать, что риск есть всегда, и быть готовым к возможному возникновению опасной аварийной ситуации.

К настоящему моменту сложились представления о величинах приемлемого (допустимого) и неприемлемого риска. Приемлемым риском называется такой уровень опасности, с которым на данном этапе развития общества можно смириться. Приемлемый риск – это допустимый максимально низкий уровень смертности, травматизма или заболеваемости людей, который не влияет на показатели безопасности предприятия, отрасли экономики или государства.

Приемлемый риск представляет собой некоторое соглашение между требуемым уровнем безопасности и возможностями его достижения.

Повышение безопасности на производстве и снижение тем самым величины приемлемого риска с экономической точки зрения не безгранично. На повышение безопасности технических систем на производстве будут затрачены большие финансовые средства, при этом уменьшится количество средств, выделяемых на заработную плату, приобретение предприятием средств индивидуальной защиты для работников, медицинское обслуживание.

При данных обстоятельствах социальной сфере производства может быть нанесен значительный ущерб. То есть при увеличении значительных затрат на безопасность технический риск уменьшается, но при этом возрастет социально-экономический риск. Значение приемлемого риска определяется в результате учета всех сфер – социальной, технической, экономической.

По окончании анализа риска, полученные результаты анализа используются при декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов, экспертизе промышленной безопасности,

обосновании технических решений по обеспечению безопасности, страховании, оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и при других процедурах, связанных с анализом безопасности [8].

### 3. Анализ причин реализации ЧС в медеплавильном цехе

#### 3.1. Построение дерева отказов технических систем в ЧС для медеплавильного цеха

Для того чтобы проанализировать причины отказов технических систем и разработать мероприятия для предупреждения аварии, следует построить «дерево отказов» (рисунок 5).

Метод «дерево отказов» является самым общим, используется для представления логики отказов технических систем. Это графическая иерархическая схема, с помощью ребер графа и логических операторов И, ИЛИ (что означают соответственно произведение и сумму событий) связывает отказа элементов с отказом объекта [10].

В таблице 1 представлены основные факторы и события, содержащиеся в дереве отказов.

Таблица 1 – Обозначение факторов и событий

Символ	Фактор/событие	Вероятности
ЧС	Взрыв медеплавильной печи	$5,5 \times 10^{-5}$
A1	Перенасыщенность топливом в топочном пространстве печи	$2 \times 10^{-7}$
A2	Утечка газа	$2,5 \times 10^{-7}$
A3	Загрузка мокрой шихты	$5 \times 10^{-6}$
A4	Механическое повреждение элементов печи	$3,1 \times 10^{-8}$
B1	Неисправность форсунок	$6,5 \times 10^{-9}$
B2	Негерметичность фланцевых соединений трубопровода	$2 \times 10^{-7}$
B3	Негерметичность трубопровода, фланцевых/сварных соединений трубопровода	$2,2 \times 10^{-7}$
B4	Негерметичность запорной арматуры/газопровода/ регуляторов давления/подогревателей газа/пылеуловителей	$3,3 \times 10^{-8}$
B5	Нарушение технологической загрузки шихты	$5 \times 10^{-6}$

Продолжение таблицы 1

Б6	Износ оборудования	$2 \times 10^{-7}$
В1	Коррозийный износ	$2 \times 10^{-9}$
В2	Нарушения при монтажно-строительных работах	$1,4 \times 10^{-10}$
В3	Дефекты сварных соединений и швов	$2 \times 10^{-7}$
В4	Негерметичность прокладочного материала между фланцами	$2,6 \times 10^{-8}$
В5	Ошибка персонала	$2,2 \times 10^{-9}$
В6	Износ оборудования	$3,1 \times 10^{-8}$

Для организации безопасной работы оборудования и агрегатов на литейном и металлургическом предприятии существует система управления промышленной безопасностью. Более точные выводы дает количественный анализ, проведенный с помощью такой структурной функции дерева отказов (рисунок 4).

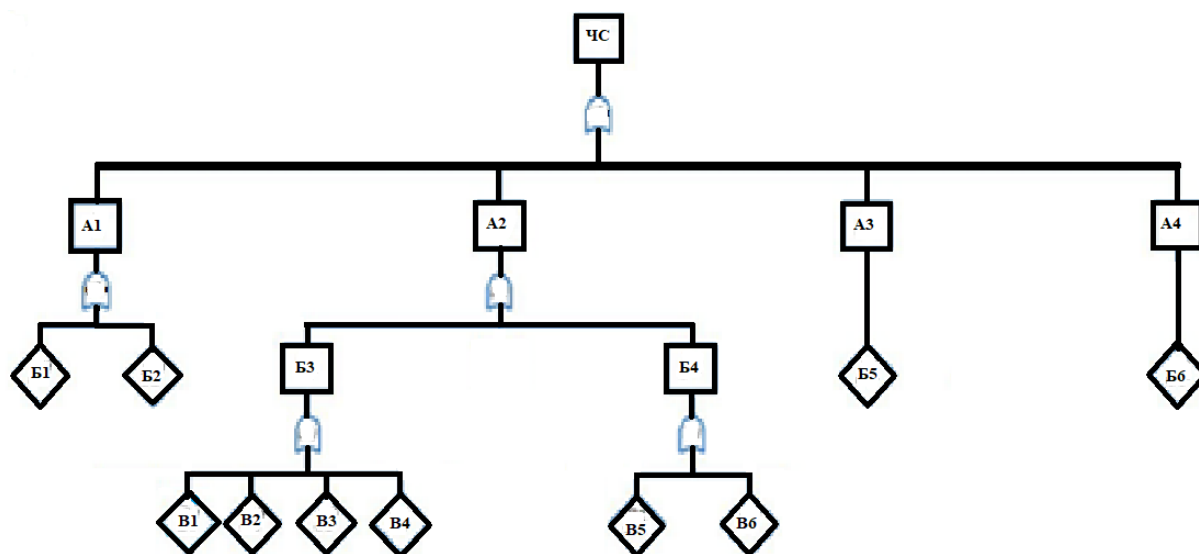


Рисунок 4 – «Дерево отказов» при взрыве медеплавильной печи

Взрыв медеплавильной печи может произойти вследствие любого представленного события: перенасыщенность топливом в топочном пространстве печи, утечка газа, загрузка мокрой шихты. В свою очередь, перенасыщенность топливом может произойти из-за неисправности форсунок, неисправности фланцевых соединений. Загрузка мокрой шихты происходит

из-за нарушения технологической загрузки. Утечка газа происходит из-за негерметичности трубопровода, фланцевых/сварных соединений трубопровода и негерметичности трубопровода, фланцевых/сварных соединений трубопровода.

При построении такого дерева отказов невозможно учесть события, которые в принципе произойти могут, но при анализе статистических данных зафиксированы не были. Однако в случае выявления не учитываемых в данном дереве отказов аварийных ситуаций дерево может быть дополнено. Кроме того, вероятность реализации зафиксированных инцидентов, по-видимому, выше, чем незафиксированных.

Без учета данных прогнозирования аварий на опасных производственных объектах нельзя планировать развитие территорий, принимать решения на строительство промышленных объектов, разрабатывать планы по предупреждению и ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций.

### **3.2. Построение возможных сценариев возникновения и развития ЧС в медеплавильном цехе**

Взрыв медеплавильной печи несет за собой ряд последствий, которые приводят к загрязнению окружающей среды, травмам и гибели людей.

Метод «дерево событий» – последовательность событий (не только отказов системы, но и внешних воздействий на нее), которые приводят к аварии, можно проследить с помощью "дерева событий". В отличие от структурных схем и "дерева отказов" "дерево событий" имеет глубокий физический смысл. Если основным преимуществом "дерева отказов" по сравнению с блок-схемами является учет причинно-следственной связи между отказами элементов, то «дерево событий» (рисунок 5) дает картину физических процессов, которые приводят элементы и систему в критические состояния [10].

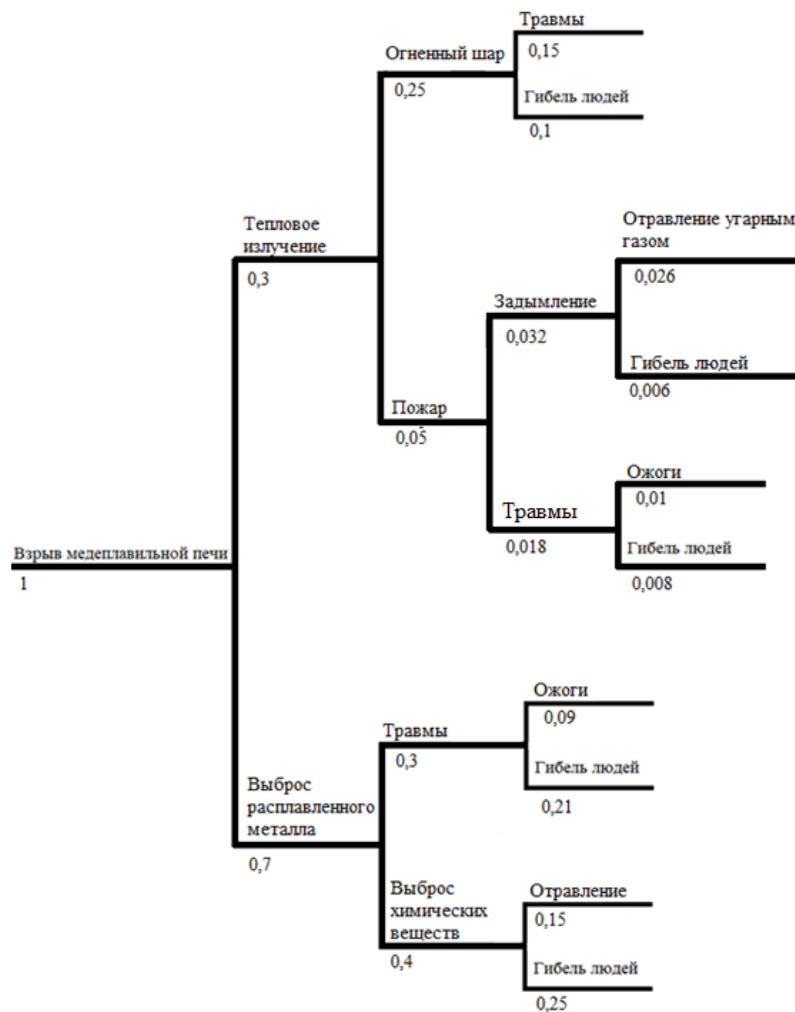


Рисунок 5 – «Дерево событий» при взрыве медеплавильной печи

При построении дерева событий были смоделированы ситуации после взрыва медеплавильной печи.

Из представленного дерева событий можно сделать вывод, что, взрыв медеплавильной печи сопровождается тепловым излучением от огненного шара и пожара, а также от выброса расплавленного металла, что в свою очередь влечет за собой травматизм, ожоги, отравления химическими соединениями (серы, цинка, свинца, мышьяка) и гибель людей [11].

## **4. Результаты и их обсуждение**

### **4.1. Разработка мероприятий по предупреждению ЧС в медеплавильном цехе**

Наиболее частыми причинами взрыва является загрузка мокрой шихты если она имеет влажность более 6%, перенасыщенность топливом, утечка природного газа медеплавильной печи.

Чтобы избежать нарушений в технологии загрузки шихты наилучший способ решения указанных проблем – исключить время нахождения шихты на открытом пространстве обеспечением сухого хорошо вентилируемого склада для хранения подготовленной шихты. Так же предлагается прямая подача готовой шихты через конвейерные ленты в печь, ограничить объем куч шихты, максимально увеличить площадь поверхности шихты для передачи тепла, обеспечить покрытие шихтой максимально возможной площади бассейна варочной части. Эти моменты в значительной степени определяются применяемой технологией загрузки шихты. При этом необходимо избегать как загрузки крупных куч шихты, так и загрузки сплошным слоем без просветов [11].

Другой причиной развития взрыва медеплавильной печи является негерметичность прокладочного материала фланцевых соединений. Актуальной проблемой является необходимость своевременного обнаружения утечек газа во фланцевых соединениях. Для обнаружения утечек газа применяются стационарные газоанализаторы, устанавливаемые внутри помещений. В качестве мероприятия предлагается установка дополнительного стационарного течеискателя для выявления утечек газа на трубопроводе. Системы на основе электромагнитных датчиков могут быть использованы для обнаружения утечек газа в трубопроводах и других системах. Такие системы реагируют на изменения магнитного поля, вызванное утечками газа, и могут быть настроены на определенный уровень чувствительности.

Датчики могут быть установлены на трубопроводах или других металлических поверхностях, где может произойти утечка газа. Когда газ попадает в пространство между трубопроводом и датчиком, это приводит к изменению магнитного поля вокруг датчика. Датчик фиксирует это изменение и передает сигнал на анализатор, который может определить тип газа и его концентрацию.

Системы на основе электромагнитных датчиков имеют ряд преимуществ перед другими методами обнаружения утечек. Они могут обнаруживать утечки газа на ранней стадии, что позволяет быстро устранить проблему и предотвратить возможные аварии. Кроме того, такие системы могут работать в автоматическом режиме, что делает их более эффективными и экономичными.

Одним из примеров электромагнитного датчика, который реагирует на изменения магнитного поля вызванные утечкой газа, является магнитострикционный датчик. Этот тип датчика использует магнитострикционные материалы, которые изменяют свою длину под воздействием магнитного поля. Когда газ проходит через трубопроводы или другие системы, он создает магнитное поле, которое может быть обнаружено с помощью магнитострикционного датчика.

Другим примером электромагнитного датчика может быть датчик Холла, который использует эффект Холла для измерения магнитного поля. Этот датчик может быть использован для обнаружения утечек газа в трубопроводах или системах вентиляции.

Также существуют другие типы электромагнитных датчиков, которые могут реагировать на изменения магнитного поля, связанные с утечками газа, такие как магнитоиндукционные датчики, датчики на основе эффекта Фарадея и другие.

Еще одна причина взрыва медеплавильной печи является перенасыщение топливом. Для своевременного выявления неисправностей в системе подачи топлива в печное топочное пространство печи, предлагаются



установка электронных датчиков расхода топлива. В установку по трубам осуществляется подача кислорода и сжатого воздуха для горения, учет которых осуществляется с помощью вихревых и массовых расходомеров.

Для измерения расхода топлива предлагается установить кориолисовый расходомер ЭМИС-МАСС 260. Регулирование осуществляется при помощи задвижек с электроприводом. Управление технологическим процессом может осуществляться автоматически, либо вручную. Данная система позволяет увидеть изменения в количестве потребляемого топлива и произвести мониторинг давления по всей длине трубопровода. В случае критических изменений показаний, на пульт диспетчера приходит оповещение о возможном возникновении ЧС. Также расходомер позволяет оптимизировать процесс горения топлива, сделав его более экономичным и снизить загрязнение продукта несгоревшими остатками топлива [12].

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1Е91	Мерзликин Антон Евгеньевич

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

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

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

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

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

**Перечень графического материала**

1. <i>Оценка конкурентоспособности ИР</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Диаграмма Ганта</i>
4. <i>Бюджет НИ</i>
5. <i>Основные показатели эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	К.Т.Н ДОЦЕНТ		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1Е91	Мерзликин Антон Евгеньевич		

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

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) – провести моделирование аварийных ситуаций с высокотемпературной плавкой медной руды, возможных зон поражения и значения риска причинения ущерба жизни людей.

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

#### **5.1.1 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 данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 2

Таблица 2 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>Е</sub>	Б <sub>И</sub>	Б <sub>В</sub>	К <sub>Е</sub>	К <sub>И</sub>	К <sub>В</sub>
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
2. Визуализация полученных результатов	0,13	5	5	3	0,65	0,65	0,39
3. Полнота представления данных	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
4. Потребность в дополнительных исследованиях	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
5. Универсальность метода	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
6. Специальное оборудование	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
7. Предоставляемые возможности	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
Экономические критерии оценки эффективности							
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8
8. Цена	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
9. Конкурентоспособность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>41</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>4,52</b>	<b>3,88</b>	<b>3,51</b>

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что наиболее конкурентоспособной системой обеспечения безопасности является усовершенствованная система, так как направлена на то, чтобы устранить уязвимые места в существующей системе безопасности.

### 5.1.2 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 которой 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 3

Таблица 3 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Прогнозирование и выявление опасностей в широком масштабе; С2. Устойчивое финансовое положение; С3. Потребность предприятий в разработке мероприятий оценки рисков; С4. Постоянная информационная насыщенность.	В1. Большой потенциал усовершенствования разработок; В2. Рост и развитие новых предприятий, которые будут работать с оборудованием под давлением, требующих разработки мероприятий.
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Недостаток финансирования на усовершенствование проекта.; Сл2. Большой срок проведения исследования; Сл3. Невозможность предвидеть все риски, чтобы разработать на них мероприятия	У1. Падение спроса при появлении новых конкурентов; У2. Невостребованность проекта в связи с истощением ресурсной базой.

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 4–5.

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные и слабые стороны»

Возможности проекта	Сильные стороны				Слабые стороны			
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	+	+	-	+	0
B2	+	+	0	+	+	-	+	

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные и слабые стороны»

Угрозы проекта	Сильные стороны				Слабые стороны			
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	-		-	-	+
У2	+	+	+	-	-	+	-	

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 6.

Таблица 6 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Прогнозирование и выявление опасностей в широком масштабе; С2. Устойчивое финансовое положение; С3. Потребность предприятий в разработке мероприятий оценки рисков; С4. Постоянная информационная насыщенность.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Недостаток финансирования на усовершенствование проекта.; Сл2. Большой срок проведения исследования; Сл3. Невозможность предвидеть все риски, чтобы разработать на них мероприятия.
Возможности: В1. Большой потенциал усовершенствования разработок; В2. Рост и развитие новых предприятий, которые будут работать с оборудованием под давлением, требующих разработки мероприятий.	Большой потенциал применения метода в России и других странах способствует развитию и доработке методов разработки	Данным методом требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечить обучение нового персонала со знаниями методов разработки
У1. Падение спроса при появлении новых конкурентов; У2. Неостребованность проекта в связи с истощением ресурсной базой.	При появлении новых конкурентов на рынке следует ожидать падение спроса и, как в следствие этого, снижение финансового положения, и, возможно, сосредоточение только на определенных потребителях. Несмотря на большие возможности проекта, имеется потенциальная возможность неточности	Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения погрешности и неопределенности.

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- Определение структуры работ в рамках научного исследования;
- Определение участников каждой работы;
- 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 7.

Таблица 7 – 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	Изучение литературы и конкурентных решений в данной сфере	Инженер
	4	Выбор метода блокировки	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проектирование блокиратора пусковых кнопок	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка чертежей для изготовления	Инженер
	7	Изготовление промышленного блокиратора пусковых кнопок	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Проведение расчетов и обоснований по теме ВКР	Инженер
	9	Анализ полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

## 5.2.2 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 сметы.

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5}, \quad (4.1)$$

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

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

$t_{\text{макс}i}$  – 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.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

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 (4.3):



$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.3)$$

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:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

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 8.

Таблица 8 – 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		$t_{ожж}$ , 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	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения работ	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Изучение литературы и конкурентных решений в данной сфере	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11

Продолжение таблицы 8

4. Выбор метода блокировки	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
----------------------------	---	---	---	---	---	-----	-----	---











5. Проектирование блокиратора пусковых кнопок	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка чертежей для изготовления	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Изготовление промышленного блокиратора пусковых кнопок	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Проведение расчетов и обоснований по теме НИР	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Анализ полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
<b>Итого:</b>	7	59	15	84	13,5	68,5	68,5	102



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

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИР был рассчитан коэффициент календарности.

Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования (таблица 9).

Таблица 9 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T <sub>кi</sub> 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	4													
3	Изучение литературы и конкурентных решений в данной сфере	Исп2	11													
4	Выбор метода блокировки	Исп2	6													
5	Проектирование блокиратора пусковых кнопок	Исп1 Исп2	7													
6	Подготовка чертежей для изготовления	Исп2	9													
7	Изготовление промышленного блокиратора пусковых кнопок	Исп2	25													
8	Проведение расчетов и обоснований по теме НИР	Исп2	18													
9	Анализ полученных результатов	Исп1 Исп2	5													
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13													

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

### 5.3.1 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 изготовительных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

- накладные расходы НИР.

### 5.3.2 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Таблица 10 – материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1 200
Картридж для лазерного принтера	3 490	1	3 490
Итого:			8 290

### 5.3.3 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:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

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

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

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

Таблица 11 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	$H_A$ , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
Компьютер, в т.ч.;	1	4	0,1	6	15650	2347,5
Системный блок	1	5	0,16	7	8990	1348,5
Монитор	1	3	0,1	5	3550	532,5
Манипулятор-мышь	1	4	0,16	6	350	52,5
Клавиатура	1	5	0,1	4	690	103,5
Сетевой фильтр	1	3	0,16	5	230	34,5
Принтер	1	5	0,1	8	2600	390,0
<b>Итого:</b>						4809,0

### 5.3.4 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_0} = \frac{62400 \cdot 10,4}{246} = 2638 \text{ руб} \quad (4.8)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дней;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. Дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. Дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{29250 \cdot 11,2}{213} = 1538 \text{ руб} \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = 30000 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 62400 \text{ руб} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб} \quad (4.11)$$

где  $Z_{мс}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{np}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 12 – 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		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$З_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$З_{м}, руб$	$З_{дн}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Научный руководитель	30000	0,3	0,3	1,3	62400	2638	13,5	35613
Инженер	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1538	68,5	105353
<b>Итого</b>								140966

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 35613 = 5341,95 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 105353 = 15802,95 \text{ руб.} \quad (4.13)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (35613 + 5341,95) = 12286,5 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (105353 + 15802,95) = 36346,8 \text{ руб.} \quad (4.15)$$

где  $k_{внеб}$  – 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).

### 5.3.5 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 14 – 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
4809	8290	140966	21144,9	48633,3	223843,2

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} = 223843,2 * 0,2 = 44768,64 \quad (4.16)$$

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

### 5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Анализ чрезвычайных ситуаций в медеплавильном цехе» по форме, приведенной в таблице 15. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 15 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
		Текущий Проект	
1	Материальные затраты НИР	1940	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	4809	Пункт 4.2.3.2



Продолжение таблицы 15

3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	140966	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21144,9	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	48633,3	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	44768,64	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		268611,84	Сумма ст. 1- 6

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{268611,84}{268611,84} = 1$$

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.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

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

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

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

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{р-исп}}{I_{фин.р}} = \frac{4,3}{1} = 4,3$$

Таблица 17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3

Продолжение таблицы 17

3	Интегральный показатель эффективности	4,3
---	---------------------------------------	-----

4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1
---	--	---

### **Вывод по разделу**

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 268611,84 руб;

4. 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 4,3;

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

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
1E91		Мерзликин Антон Евгеньевич	
<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОКД</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

<b>Анализ риска чрезвычайных ситуаций в медеплавильном цехе</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования: Медеплавильная печь</i>  <i>Область применения: Переплавка медной шихты</i>  <i>Рабочая зона: Медеплавильный цех</i>  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: - печи для плавки меди;</i>  <i>- насосы для перекачки расплавленной меди;</i>  <i>- оборудование для очистки меди от примесей;</i>  <i>- устройства для производства слитков;</i>  <i>- электропечи для нагрева металла;</i>  <i>- компрессоры для подачи воздуха в печи;</i>  <i>- установки для охлаждения расплавленного металла;</i>  <i>- емкости для хранения расплавленной и охлажденной меди.</i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: сбор и подготовка сырья, плавка металла, очистка и рафинирование литье и формовка, охлаждение и отделка</i></p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации</b></p>	<p>Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ;          Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда;          РД 24.200.11-90. Сосуды и аппараты, работающие под давлением;          Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору приказот 9 декабря 2020 г. N 512 об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "правила безопасности процессов получения или применения металлов"          Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 3 декабря 2015 г. N 985н "Об утверждении профессионального стандарта</p>

	<p>"Плавильщик цветных металлов и сплавов" (Докипедия: Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 3 декабря 2015 г. N 985н "Об утверждении профессионального стандарта "Плавильщик цветных металлов и сплавов")</p> <p>ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы; ТК РФ Статья 366. Федеральный государственный надзор в области промышленной безопасности.</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека;</li> <li>2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, применение неисправного электро- или ручного инструмента оборудования;</li> <li>3. Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;</li> <li>4. Ударные волны воздушной среды;</li> <li>5. Ожоги роговицы глаз при сварке;</li> <li>6. Опасность поражения током из-за короткого замыкания;</li> <li>7. При разгерметизации оборудования, работающего под избыточным давлением, возможно образование взрывоопасных горючих смесей, поражение осколками.</li> <li>8. Вредные вещества, выделяющиеся при эксплуатации баллонов и во время сварки.</li> </ol> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенный уровень общей вибрации;</li> <li>2. Повышенный уровень локальной вибрации;</li> <li>3. Повышенный уровень шума;</li> <li>4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</li> <li>5. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</li> <li>6. Монотонность труда;</li> <li>7. Длительное сосредоточенное наблюдение;</li> </ol>

	<p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Глушители, изолирующие, поглощающие устройства;</li> <li>2. Приточно-вытяжная вентиляция;</li> <li>3. Изолирующие дыхательные аппараты;</li> <li>4. Знаки безопасности;</li> <li>5. Ограждающие устройства;</li> <li>6. Костюмы защитные;</li> <li>7. Респираторы, сварочные маски;</li> <li>8. Защитные очки</li> </ol>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> СЗЗ не требуется</p> <p><b>Воздействие на литосферу:</b> утилизация люминесцентных ламп, макулатуры полиэтиленовой тары для реагентов; твердые металлические отходы, изношенных средств коллективной и индивидуальной защиты</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> поступления загрязняющих веществ со сточными водами;</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> выбросы пропана при эксплуатации баллонов из вентиляционных систем.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><b>Возможные ЧС:</b></p> <p>Техногенные аварии:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нарушение герметичности баллонов при транспортировке;</li> <li>2. Взрыва баллонов при неправильной эксплуатации;</li> <li>3. Пожар в случае взрыва;</li> <li>4. Обвал производственного здания;</li> </ol> <p>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b></p> <p>Пожар в результате взрыва баллона.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е91	Мерзликин Антон Евгеньевич		

## **6 Социальная ответственность**

### **6.1 Анализ выявленных вредных факторов**

#### **6.1.1 Движущиеся и вращающиеся машины и механизмы**

Серьезную опасность представляет также травмирование людей механизмами агрегатов и оборудования в металлургических цехах в результате захватывания валками и соединительными шпинделями прокатных станов и шестернями механизмов, придавливания и ударов забивочными пушками доменных печей, подъемными столами прокатных станов и другими механизмами. По этим причинам произошло более 10% случаев травматизма.

Вот несколько мероприятий по защите от механических опасностей в медеплавильном цехе:

Для подачи шихтовых материалов желательно применять транспортеры.

Замена железнодорожного транспорта при уборке колошниковой пыли из пылеуловителей пневмотранспортом устраняет опасности, связанные с погрузкой пыли в вагоны, передвижением вагонов и разгрузкой колошниковой пыли.

Транспортировать слитки из сталеплавильных цехов в прокатные можно при помощи специальных рольгангов.

Замена железнодорожного транспорта непрерывными видами транспорта значительно улучшит условия передвижения людей на территории металлургических заводов и создаст благоприятные условия для дальнейшего прогресса металлургической техники.

#### **6.1.2 Расплавленный металл и шлак**

Характерным видом опасности в металлургических цехах являются ожоги расплавленным металлом или шлаком при взрывах металла и шлака в результате соприкосновения их с водой или влажными предметами, а также вследствие обрыва или опрокидывания ковшей с расплавленным металлом и шлаком.

Ожоги могут быть и при выплесках металла и шлака. Кроме того, ожоги наблюдались при осадках доменных печей, при прорыве металла из металлургических печей, при взрыве фурм доменных печей и крышек мартеновских печей, при выбивании пламени из печей и выбросе горячих материалов. Ожоги иногда возникали от соприкосновения с горячими производственными отходами (шлаком, пылью, горячим возвратом на аглофабриках, а также горячей водой и паром). Ожоги занимают почти пятую часть всех случаев травматизма [13].

Наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить в результате воздействия фактора:

1. Ожоги кожи и тканей - в случае, если жидкий металл попадет на кожу или защитную одежду. Работник может получить ожоги кожи и тканей, а также может привести к смерти.

2. Тепловой удар - при работе в условиях высокой температуры, например, при постоянном нахождении работника у медеплавильной печи, работники могут подвергаться риску теплового удара, который может привести к серьезным последствиям, включая обморок и потерю сознания.

3. Гипертонический криз - высокая температура окружающей среды может вызвать повышение кровяного давления, что может привести к гипертоническому кризу [13].

Розлив жидкого металла и тепловое излучение несет основную опасность жизни и здоровью рабочих.

Для предотвращения опасных ситуаций необходимо принимать меры по защите от теплового воздействия:

Перевозку жидкого металла в ковшах целесообразно заменить транспортировкой металла по трубам на основании использования действия электромагнитного насоса, что позволит устранить ряд серьезных опасностей, связанных с транспортировкой жидкого металла в ковшах и сливом металла из ковшей.



Перевозку жидкого шлака в ковшах также можно заменить транспортировкой по трубам гранулируемого вблизи доменных печей-шлака (гидротранспорт) [13].

Оснащение работников СИЗ Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации приказ от 14 декабря 2010 г. N 1104н.

Костюм из огнестойких материалов для защиты от повышенных температур или комплект для защиты от повышенных температур 1

Фартук из огнестойких материалов с нагрудником 2

Валенки или сапоги кожаные с защитным подноском 1 пара

Рукавицы или перчатки для защиты от повышенных температур и брызг расплавленного металла до износа

Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием до износа

Шляпа войлочная 1

Очки защитные или щиток защитный до износа

Каска защитная термостойкая до износа

Подшлемник под каску термостойкий до износа

Наушники противозвучные или вкладыши противозвучные до износа

Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противоаэрозольное до износа

На наружных работах зимой дополнительно:

Куртка на утепляющей прокладке по поясам [14].

### **6.1.3 Разгерметизация за счет коррозионного разрушения**

Разгерметизация за счет коррозионного разрушения происходит, когда материал, используемый для уплотнения, становится неспособным сохранять герметичность из-за воздействия коррозии. Коррозия может происходить из-за воздействия различных факторов, таких как влага, кислоты, щелочи и другие агрессивные среды.

Наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить в результате воздействия фактора:

1. Отравление - при коррозии металла трубопровода, подающего в печь природный газ что может привести к отравлению работников, которые находятся поблизости.

2. Ожоги - при разгерметизации трубопровода, природный газ может жидкость может выливаться и вызвать ожоги у работников, которые находятся поблизости.

3. Повреждения дыхательной системы - при разгерметизации трубопровода, пары и газы могут выделиться в воздух, что может привести к повреждениям дыхательной системы работников.

4. Повреждение кожи - контакт с загрязненными веществами может привести к раздражению кожи, ссадинам, ушибам и другим травмам [15].

Для защиты от коррозии медеплавильного трубопровода можно применять следующие мероприятия:

1. Регулярный мониторинг состояния трубопровода. Необходимо регулярно проверять состояние труб и проводить диагностику на предмет коррозии и других дефектов.

2. Проведение периодических обслуживаний и ремонта труб. Регулярное обслуживание и ремонт труб позволяет своевременно выявлять и устранять дефекты, что может предотвратить разгерметизацию [15].

#### **6.1.4 Работа в газоопасных местах**

Работа в газоопасных местах может привести к различным профессиональным заболеваниям и травмам. Наиболее типичные из них:

1. Отравление газом. Это может привести к серьезным проблемам со здоровьем, включая удушье, боли в груди, головокружение, тошноту и рвоту.

2. Различные виды травм. Работа в газоопасных местах может привести к различным видам травм, таким как ушибы, переломы, раны, ожоги и т.д.

3. Расстройства дыхательной системы. Вдыхание газов может привести к различным расстройствам дыхательной системы, таким как бронхит, пневмония, хроническая болезнь легких и даже рак легких.

Для безопасного проведения газоопасных работ следует обеспечить:  
последовательность и режим выполнения газоопасной работы;  
контроль за состоянием воздушной среды;  
принятие мер, исключающих допуск на место проведения газоопасной работы лиц, не занятых ее выполнением [15].

### **6.1.5 Природные факторы (землетрясение, пожар, оползни)**

Работники, которые работают в зонах, подверженных природным катастрофам, могут быть подвержены риску получения различных профессиональных заболеваний и травм, включая:

1. Травмы и повреждения тела, связанные с падением и разрушением зданий, землетрясением, оползнями и другими природными катастрофами.
2. Ожоги и отравления, связанные с пожарами, которые могут возникнуть в результате природных катастроф.
3. Психологические последствия, связанные с переживанием природных катастроф, такие как посттравматический стрессовый синдром и другие психические расстройства.

ЧС природного характера складываются под воздействием природных явлений - стихийных бедствий.

Для защиты работников от природных факторов необходимо принимать ряд мероприятий, направленных на предотвращение и снижение возможных рисков. Некоторые из этих мероприятий включают в себя:

1. Проведение инспекций рабочих мест и зданий для обнаружения потенциальных опасностей и их устранения.
2. Установка систем предупреждения и оповещения для своевременного предупреждения о приближающихся природных катастрофах.

3. Установка систем автоматического тушения пожаров для своевременного тушения возможных возгораний.

4. Установка систем защиты и обеспечения безопасности, таких как специальные барьеры и укрытия, чтобы защитить работников от падающих предметов и обломков зданий [16].

### **6.1.6 Повышенный уровень шума, вибрации**

Шумом является беспорядочным сочетанием различных по силе и частоте звуков. Шум различной интенсивности и частоты оказывает на организм человека неблагоприятное воздействие и может вызвать различного рода болезненные состояния, в том числе тугоухость и глухоту. Источниками шума в цехе являются, главным образом, электропечи, а также мощные редукторы. Производственное оборудование, создающее шум снабжают паспортом, в котором указывают шумовые характеристики его работы. Для снижения шума в электросталеплавильном цехе предусмотрены звукоизолирующие кожухи вокруг электропечей, шумопоглотители на пароинжекторных насосах вакуумных установок и системах вентиляции, отделен стенами шихтовый пролет и предусмотрена звукоизоляция служебных помещений и постов управления. Особую опасность представляют собой совместное влияние шума и вибрации.

В шумном фоне ухудшается общение людей, в результате чего иногда возникает чувство одиночества и неудовлетворенности, что может привести к несчастным случаям. Длительное воздействие шума, уровень которого превышает допустимые значения, может привести к заболеванию человека шумовой болезнью – нейросенсорная тугоухость.

Нормированные параметры шума определены ГОСТ 12.1.003-83 Шум.

Общие требования безопасности и санитарными нормами.

2.2.4/2.1.8.56296 Шум на рабочих местах, помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Стандарт устанавливает классификацию шума, характеристики и допустимые уровни

шума на рабочих местах, общие требования к защите от шума на рабочих местах, шумовым характеристикам машин, механизмов, средств транспорта и другого оборудования и измерениям шума. К шумоопасному оборудованию относятся отражательные печи.

Вибрация – это механические колебания машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная скорость, колебательное ускорение.

Вибрацию порождают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин. Процесс производства металлов обусловлен высоким уровнем вибрации, вызванной работой прокатных станов, плавильных печей и другого оборудования. Количество подобного оборудования может быть множество даже в рамках одного производства по обработке металла [17].

Нормативные характеристики вибрации определены документами общегосударственного значения: СНиП 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в жилых помещениях и общественных зданий, ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. Источником вибраций являются насосы пылеуловителей, козловой кран. Заболевания вызывает вибрация амплитудой колебания частотой 50–150 Гц.

Уровень общей технологической вибрации в медеплавильном цехе (класс 2).

К способам борьбы с вибрацией относятся виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту), виброизоляция (применение резиновых виброизоляторов) применение индивидуальных средств защиты (виброзащитные обувь, перчатки со специальными упругодемпфирующими элементами, поглощающими вибрацию) [18].

## **6.2 Экологическая безопасность при эксплуатации**

### **Экологическая безопасность при эксплуатации**

### *Загрязнение атмосферного воздуха.*

При плавке меди в атмосферу выделяются различные вредные вещества, включая оксиды азота, серы, углерода, а также пыль и другие твердые частицы. Эти вещества могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду, здоровье людей и животных, а также на растительность и почву. Поэтому при проведении плавки меди необходимо принимать меры по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу, например, использовать более эффективные технологии плавки, устанавливать фильтры и очистные сооружения.

Для снижения загрязнения атмосферного воздуха необходимо принимать соответствующие меры, такие как использование более эффективных систем очистки воздуха, использование более экологически чистых технологий, а также регулярное проведение экологического аудита и оценка уровня экологической безопасности на заводе.

*Загрязнение почвы.* При разгерметизации цистерны аммиак может выходить в окружающую среду в виде газа или жидкости, попадать на поверхность почвы и проникать в ее верхние слои.

. Высокие концентрации аммиака могут привести к убийству микроорганизмов, необходимых для обеспечения питательных веществ растениям, и уменьшению роста растительности.

Кроме того, аммиак может проникать в грунтовые воды и загрязнять их, что приведет к еще более серьезным последствиям для окружающей среды и здоровья людей.

Для предотвращения загрязнения почвы в результате разгерметизации железнодорожной цистерны с жидким аммиаком необходимо принимать меры по обеспечению безопасности при транспортировке и хранении опасных веществ. Это может включать использование специальных контейнеров и оборудования, регулярные проверки на предмет утечек и повреждений, а также обучение персонала, работающего с такими веществами, правильной технике безопасности [19].

*Загрязнение воды.* Загрязнение водоемов отходами медеплавильных заводов может иметь серьезные последствия для экосистемы и здоровья людей.

Медь является токсичным металлом, который может вызывать различные заболевания у человека и животных, а также оказывать негативное влияние на растительность и водную флору. В результате деятельности медеплавильных предприятий в воду могут попадать различные отходы, такие как шлаки, шламы, сточные воды и другие загрязнители.

Загрязнение водоемов может привести к изменению состава воды, снижению ее качества и нарушению биологического равновесия в экосистеме. Это может привести к уменьшению количества кислорода в воде, что может негативно сказаться на обитателях водоемов, таких как рыбы и водные растения.

Кроме того, загрязнение водоемов может привести к увеличению риска возникновения инфекционных заболеваний, связанных с водой. Также загрязнение может привести к образованию токсичных соединений, которые могут быть опасными для здоровья человека.

Для предотвращения загрязнения водоемов отходами медеплавильных производств необходимо принимать меры по снижению выбросов вредных веществ в окружающую среду. Это может включать в себя установку фильтров и очистных сооружений, использование более эффективных технологий производства и переработку отходов. Также необходимо проводить мониторинг качества воды и принимать меры по ее очистке в случае необходимости.

*Селитебная зона.* Медеплавильные заводы оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей. Они выделяют в атмосферу вредные вещества, такие как оксиды азота, серы, углерода, а также тяжелые металлы, которые могут накапливаться в почве и воде, попадать в организм человека через пищу и воду. Это может привести к различным заболеваниям, таким как рак легких, сердечно-сосудистые заболевания, астма

и другие. Кроме того, шум и вибрация, вызванные работой медеплавильных заводов, могут негативно влиять на слух и нервную систему людей [19].

### **6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Пожары на предприятиях представляют большую опасность для работающих и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности на открытых горных разработках имеют большое значение и регламентируются требованиями, указанными в ГОСТ-12.2.003.

По степени противопожарности участок по производству гранулированной меди относится к категории "Г". Медеплавильный цех имеет негорючие вещества и материалы в расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени.

Условия развития пожара в цехе во многом определяется его степенью огнестойкости. Степень огнестойкости — это способность здания в целом сопротивляться разрушению при пожаре, что зависит от возгораемости и огнестойкости основных строительных конструкций и от пределов распространения огня по этим конструкциям. Медеплавильному цеху присвоена 2 степень огнестойкости, т.е. основные части здания являются негорючими, а максимальный предел распространения огня, составляющий 40 см., допускается только для внутренних несущих стен.

В МПЦ предусмотрены следующие меры по пожарной безопасности:

- эвакуационные выходы, проходы, проезды;
- проезд для пожарных машин возможен с любой стороны здания;
- на нулевой отметке участка установлены щиты, оборудованные пожарным инвентарем (углекислый огнетушитель ручной ОПУ-2, ОПУ-5; огнетушители ОХП-10; ящик с песком вместимостью 3 \* 3 м.; лопата);
- телефонная связь для вызова пожарной команды;
- при входе в здание имеется схема путей эвакуации в случаях пожара.



Условия труда при производстве гранулированной меди характеризуется наличием большого количества вредных факторов широкого сектора действия. Поэтому необходимо уделять повышенное внимание охране окружающей среды, контролировать соблюдение техники безопасности и не допускать возникновения чрезвычайных ситуаций [20].

### **Вывод по разделу**

В результате выполнения работы были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения при эксплуатации медеплавильного цеха. Рассмотрели какие на данном объекте исследования имеются опасные и вредные факторы, выполнили их анализ. Выявили, что медеплавильный цех негативно влияет на экологию, а именно на атмосферу, гидросферу, литосферу и селитебную зону. Выявили возможные ЧС, наиболее типичной является взрывы и пожар. Медеплавильный цех относится к объектам повышенной пожарной и взрывоопасности. Медеплавильный цехоказывающий значительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к I категории. Плавильщик, как правило, относятся к группе III по электробезопасности. Плавильщик в металлургической промышленности может быть отнесен к классу условий труда 3.1, что означает "вредные условия труда".

Плавильщик относится к категории работников, которые могут подвергаться воздействию опасных и вредных производственных факторов. В соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21, плавильщики должны проходить медицинские осмотры и обследования для определения их пригодности к работе. Также они должны соблюдать правила личной гигиены и использовать средства индивидуальной защиты, такие как защитные очки, перчатки и спецодежду. Плавильщик относится к профессиональной категории "4а" - тяжелая работа.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение материалов о взрывах позволяет выявлять их причины и разрабатывать соответствующие меры их предупреждения.

Для исключения возникновения взрывов на производстве необходимо вовремя выявлять и устранять неисправности, проводить плановый осмотр, проводить обучение персонала.

В результате выполненного исследования промышленной безопасности медеплавильного цеха цель работы достигнута. Поставленные задачи решены полностью.

К основным результатам можно отнести следующее:

1. Проанализированы статистические данные по ЧС в металлургической промышленности за период 2012–2022 г. Исходя из представленной статистики можно сделать вывод, что 35% аварий приходится на отрасль цветной металлургии. 33 % от общего количества аварий связанные с неконтролируемым взрывом и повреждением, 67 % разрушением технических устройств.

2. Изучен технологический процесс получения меди, в котором каждый из этапов содержит строгую последовательность технологических задач:

- Измельчение руды;
- Флотация;
- Обжиг;
- Плавка шихты в печи отражательного типа;
- Конвертирование;
- Рафинирование огнем.

Так же была изучена технологическая схема медеплавильной печи.

Шихту загружают на ванну или на откосы вдоль боковых стен печи. Раскаленные топочные газы, проходя над поверхностью ванны и шихты, нагревают их, а также стены и свод, и покидают печь, имея еще сравнительно

высокую температуру (выше температуры плавления шлака). Теплопередача в печи осуществляется в основном за счет лучеиспускания от раскаленных стен, свода и раскаленного факела.

3. Выявлен наиболее вероятный сценарий развития аварии: из-за ошибки персонала происходит нарушение технологии загрузки шихты, в следствии чего в печь загружается мокрая шихта, совокупность всех событий влечет к взрыву медеплавильной печи с частотой  $5,5 \times 10^{-5}$  в год.

4. Анализ вопросов обеспечения промышленной безопасности предприятия показывает, что безопасность при рабочем процессе определяется строгим выполнением существующих норм и правил. Были предложены мероприятия для снижения риска ЧС.

Чтобы исключить время нахождения шихты на открытом пространстве обеспечением сухого хорошо вентилируемого склада для хранения подготовленной шихты.

Для обнаружения утечек газа предлагается установка дополнительного стационарного электромагнитного течеискателя для выявления утечек газа на трубопроводе.

Для своевременного выявления неисправностей в системе подачи топлива в печное топочное пространство печи, предлагаются установка электронных датчиков расхода топлива.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Набойченко С.С. Процессы и аппараты цветной металлургии / С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич и др. – Екатеринбург: УГТУ, 1997. – 655 с.
2. Открытый Ростехнадзор // Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2021 31 января. URL: [https://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/). (Дата обращения: 7.05.2023)
3. Бикулова, М. А. Анализ рисков возникновения чрезвычайной ситуации на предприятиях металлургии / М. А. Бикулова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 51 (289). – С. 223 – 228. – URL: <https://moluch.ru/archive/289/65624/> (Дата обращения: 19.04.2023)
4. Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», ст. 10 (с изменениями от 25 марта 2017 года).
5. Приказ Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 «Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
6. Купряков, Ю.П. Отражательная плавка медных концентратов / Ю.П. Купряков. – М.: Металлургия, 1975. – 352 с
7. Худяков, И.Ф. Металлургия меди, никеля, сопутствующих элементов и проектирование цехов / И.Ф. Худяков, С.Э. Кляйн, Н.Г. Агеев. – М.: Металлургия, 1993. – 432 с.
8. Мартынюк В. Ф. Анализ аварий и несчастных случаев в металлургии / В. Ф. Мартынюк, В. Ф.Матрохин, А. А. Сысоев. – М.: ООО Анализ опасностей, 2008 – 296 с.

9. Анализ дерева отказов [Электронный ресурс] / Портал знаний. – Режим доступа: URL: <http://statistica.ru/knowledge-clusters/technical-sciences/analizderevaotkazov/>. Дата обращения: 08.05.2023 г.
10. Деревья событий [Электронный ресурс] / Энциклопедия по машиностроению. – Режим доступа: URL: <http://mash-xxl.info/info/129134/>. (Дата обращения: 09.05.2023)
11. Научно-технический портал о металлургии, горной промышленности, машиностроении, обработке металлов, энергетике. // Черная и цветная металлургия URL: <https://metallolome.ru/meryy-pozharnoj-bezopasnosti-na-metall/> (Дата обращения 19.05.2023)
12. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2 / 5-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Политехника, 2004.
13. Приказ Ростехнадзора от 09.12.2020 N 512 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности процессов получения или применения металлов
14. Приказ от 14 декабря 2010 г. N 1104н Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам машиностроительных и металлообрабатывающих производств, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением.
15. ГОСТ Р 12.4.131-2017 "Система стандартов безопасности труда. Работы в газоопасных пространствах. Общие требования безопасности".
16. ГОСТ Р 22.0.03-2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения
17. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
18. ГОСТ 12.1.012-2004 - Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

19. ГОСТ Р 52241-2004. Источники ионизирующего излучения радионуклидные закрытые. Классы прочности и методы испытаний

20. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности