

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

---

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Совершенствование системы управления промышленной безопасностью на гидрометаллургическом комбинате</b>

УДК: 658.345:669.21.013

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Борисова Валерия Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2022 г.

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

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
ДОПК(У)-1	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения объектов защиты
ПК(У)-14	Способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду
ПК(У)-15	Способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации
ПК(У)-16	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов
ПК(У)-17	Способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска
ПК(У)-18	Готовность осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

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

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

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

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
1Е81	Борисовой Валерии Андреевне

Тема работы:

Совершенствование системы управления промышленной безопасностью на гидрометаллургическом комбинате	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 12.01.2021 №12-30/с

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования – Амурский гидрометаллургический комбинат.  Литературные данные, статьи, методические указания, связанные с методикой оценки риска.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Провести аналитический обзор литературы по видам гидрометаллургии, изучить нормативные документы; 2. Мероприятия по предотвращению разгерметизации автоклава; 3. Оценить эффективность данных мероприятий; 4. Разработать разделы «Социальная

	ответственность», «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».
<b>Перечень графического материала</b>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Социальная ответственность</b>	Авдеева Ирина Ивановна, старший преподаватель ООД
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Гасанов Магеррам Али оглы, профессор ОСГН, д.э.н.

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		04.02.2022 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е81	Борисова Валерия Андреевна		04.02.2022 г.

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

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

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2022	Провести обзор литературы и нормативных документов	20
18.03.2022	Изучить принцип работы АГМК	10
08.04.2022	Провести анализ системы управления промышленной безопасностью на гидрометаллургическом комбинате	15
25.04.2022	Провести анализ возможных аварийных ситуаций на АГМК	15
11.05.2022	Разработать план мероприятий по предотвращению аварий	10
20.05.2022	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2021 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		04.02.2022

**СОГЛАСОВАНО:**

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

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1E81	Борисова Валерия Андреевна

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности определения отношений между пользователями социальной сети Twitter на основе анализа текста сообщений.

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. График проведения и бюджет НИ</li> <li>4. Расчёт денежного потока</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol>	
--	--

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1E81	Борисова Валерия Андреевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
1E81		Борисова Валерия Андреевна	
<b>Школа</b>	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	<b>Отделение</b>	Отделение контроля и диагностики
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

<b>Совершенствование системы управления промышленной безопасностью на гидрометаллургическом комбинате</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Введение</b>	<p><i>Объект исследования:</i> каскад емкостей сорбции  <i>Область применения:</i> гидрометаллургия  <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение  <i>Размеры помещения:</i> 20*30 м.  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> каскад из восьми емкостей <math>D=7,8</math> м, <math>H=8</math> м, оборудованных мешалками, насосами и грохотами.  <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> сорбционное выщелачивание.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации</b>	<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;          ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы;          ТК РФ Статья 366. Федеральный государственный надзор в области промышленной безопасности.</p>
<b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b>	<p><b>Опасные факторы:</b>          1. Падение с высоты;          2. Воздействие аварийно химически опасных веществ;          3. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой технологических объектов, способных вызвать ожоги тканей организма человека;          4. Ударные волны воздушной среды.  <b>Вредные факторы:</b>          1. Повышенный уровень общей вибрации;          2. Повышенный уровень локальной вибрации;          3. Повышенный уровень шума;          4. Отсутствие или недостаток искусственного освещения;          5. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;          6. Монотонность труда, вызывающая монотонию.  <b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b>          1. Изолирующие дыхательные аппараты, противогазы</p>

	<p>фильтрующие с патроном марки «В»;</p> <p>2. Полнолицевые панорамные маски 3М с фильтрующими элементами 6059;</p> <p>3. Костюм защитный легкий типа Л-1 для защиты кожных покровов;</p> <p>4. Приточно-вытяжная вентиляция;</p> <p>5. Молниезащита;</p> <p>6. Разнообразные ограждающие устройства;</p> <p>7. Предупреждающие вывески, знаки безопасности, разметка;</p> <p>8. Термоизоляция, устройства для охлаждения;</p> <p>9. Устройства улавливания или очистки воздуха;</p> <p>10. Глушители, изолирующие, поглощающие устройства;</p> <p>11. Специальные чистки, мойки, вентиляционные и герметизирующие устройства от химических загрязнений воздуха;</p> <p>12. Предупреждающие, сигнальные средства.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p><b>Воздействие на литосферу:</b> механические воздействия, приводящие к нарушению или полному уничтожению почвенного и растительного покрова, визуальных характеристик ландшафта, утилизация люминесцентных ламп, макулатуры полиэтиленовой тары для реагентов.</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> поступления загрязняющих веществ со сточными водами с площадки объектов склада кека.</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> выбросы загрязняющих веществ при эксплуатации объектов склада кека связаны с применением дизельного оборудования при транспортировке кека и формировании склада, а также с работой вентиляционного оборудования.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b></p> <p>1. Нарушение герметичности тары в процессе транспортировки от расходного склада до участка приготовления цианида;</p> <p>2. Разгерметизация автоклава или емкостей участка автоклавного окисления;</p> <p>3. Разгерметизация емкостей NaCN, запорной арматуры на трубопроводах;</p> <p>4. Нарушение параметров технологического процесса.</p> <p>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган);</p> <p>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b></p> <p>Переливы открытых технологических резервуаров.</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Борисова Валерия Андреевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 80 страниц, 4 рисунка, 23 таблицы, 26 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: гидрометаллургический комбинат, промышленная безопасность, авария, разгерметизация, компенсирующие мероприятия.

Объектом исследования является Амурский гидрометаллургический комбинат в городе Амурск.

Цель работы – совершенствование системы управления промышленной безопасностью на предприятиях золотодобычи.

В процессе исследования проводился анализ возникновения возможных аварийных ситуаций, исходя из этого было принято решение подробно изучить случайные события, приводящие к разгерметизации автоклава. Возможность возникновения данной аварийной ситуации является наиболее опасной, поэтому для предотвращения риска аварии были изучены методы оценки риска и был выбран анализ «деревьев событий и отказов».

В результате исследования были предложены компенсирующие мероприятия по предотвращению разгерметизации автоклава и оценена эффективность данных мероприятий.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

Использованы следующие сокращения с соответствующими расшифровками:

СУПБ – система управления промышленной безопасностью;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

АГМК – Амурский гидрометаллургический комбинат;

НПЗ – нефтеперерабатывающие заводы;

ВМ – взрывчатые материалы;

ОПО – опасный производственный объект;

ПАЗ – противоаварийная защита;

ОТиПБ – охрана труда и промышленная безопасность;

ЗИФ – золото-извлекающая фабрика;

АЭ – акустико-эмиссионный контроль;

ВИК – визуально-измерительный контроль.

## Содержание

Введение.....	14
1 Литературный обзор .....	16
1.1 Система управления промышленной безопасностью .....	16
1.2 Объекты СУПБ.....	16
1.3 Цели создания СУПБ.....	17
1.4 Правовое регулирование в области промышленной безопасности.....	17
1.5 Виды гидрометаллургии, назначение .....	19
1.6 Требования к безопасности технологических процессов .....	19
1.7 Статистика аварийности и травматизма.....	20
2 Объект исследования.....	22
2.1 Общая характеристика ООО «Амурский гидрометаллургический комбинат» .....	22
2.2 Описание технологической схемы переработки для концентрата месторождения «Майское» .....	23
2.3 Характеристика основных технологических материалов.....	26
2.4 Свойство аварийно-опасного химического вещества (цианид натрия) ..	27
3 Практическая часть.....	30
3.1 Аварийные ситуации с сильнодействующим ядовитым веществом (цианид натрия) .....	30
3.2 Объекты, входящие в состав опасного производственного объекта.....	31
3.3 Сценарии возникновения и развития аварий на ООО «АГМК».....	36
3.4 Оценка риска.....	37
3.5 Компенсирующие мероприятия .....	39
3.5.1 Внедрение компенсирующих мероприятий.....	42
3.6 Обеспечение безопасности при аварийных и чрезвычайных ситуациях	44
4 Социальная ответственность .....	46
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	46
4.2 Производственная безопасность .....	48
4.2.1 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего.....	49

4.2.2	Повышенный уровень шума .....	50
4.2.3	Повышенный уровень общей и локальной вибрации .....	50
4.2.4	Отсутствие или недостаток искусственного освещения.....	52
4.2.5	Монотонность труда, вызывающая монотонию .....	52
4.2.6	Падение с высоты.....	53
4.2.7	Воздействие аварийно химически опасных веществ .....	54
4.2.8	Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой технологического оборудования, способных вызвать ожоги тканей организма человека .....	54
4.2.9	Ударные волны воздушной среды.....	55
4.3	Экологическая безопасность.....	55
4.3.1	Воздействие на селитебную зону .....	55
4.3.2	Воздействие на литосферу .....	56
4.3.3	Воздействие на гидросферу .....	56
4.3.4	Воздействие на атмосферу .....	56
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	57
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	60
5.1	Предпроектный анализ .....	60
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	60
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	61
5.1.3	SWOT-анализ.....	62
5.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	64
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	64
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	65
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	69
5.3	Бюджет научно-технического исследования .....	71
5.3.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....	72
5.3.2	Основная заработная плата исполнителей темы .....	72
5.3.3	Дополнительная заработная плата .....	74
5.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды .....	75
5.3.5	Накладные расходы .....	75

5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	75
5.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	76
Заключение .....	77
Список использованных источников .....	78
Приложение А .....	81

## Введение

На протяжении долгих лет специалистами проводятся исследования, благодаря которым определено представление и понимание о золото- и серебросодержащих рудах, как особого вида минерального сырья. Предусмотрена система технологической классификации и методы технологической оценки руд. Созданы основные методы обогащения и гидрометаллургической переработки упорного золоторудного сырья. Данные методы являются основой технологических разработок, которые реализованы в промышленности и золотодобывающих предприятий.

Основными причинами конкуренции предприятий являются:

- большое количество аварийных ситуаций и травматизма;
- не дающие ожидаемого результата механизмы управления промышленной безопасностью на потенциально опасных объектах;

При этом повышается рост числа погибших на предприятии от чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Актуальность изложенных проблем послужила основанием для выбора темы ВКР «Совершенствование системы управления промышленной безопасностью на гидрометаллургическом комбинате».

Объектом исследования является ООО «Амурский гидрометаллургический комбинат».

Цель производства – получение золота переработкой упорного золотосодержащего сырья.

Цель работы – совершенствование системы управления промышленной безопасностью на предприятиях золотодобычи.

Задачи:

1. Провести анализ системы управления промышленной безопасностью на гидрометаллургическом комбинате;
2. Изучить правовое регулирование в области промышленной безопасности;

3. Изучить технологическую схему переработки для концентрата месторождения «Майское»;
4. Провести оценку риска;
5. Разработать компенсирующие мероприятия.

## **1 Литературный обзор**

### **1.1 Система управления промышленной безопасностью**

Система управления промышленной безопасностью – комплекс взаимосвязанных организационных и технических мероприятий, осуществляемых организацией, эксплуатирующей опасные производственные объекты (ОПО), в целях предупреждения аварий и инцидентов на ОПО, локализации и ликвидации последствий таких аварий [1].

### **1.2 Объекты СУПБ**

Необходимость создания системы управления промышленной безопасностью осуществляется в том случае, если в эксплуатацию предприятия введены ОПО I или II класса опасности. К таким объектам относятся:

- объекты, на которых опасные вещества, указанные в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», такие как нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), металлургические заводы с сернокислотным производством (токсичные вещества), базисные склады взрывчатых материалов (ВМ);

- предприятия, которые занимаются добычей полезных ископаемых открытым и подземным способом (угольные шахты, подземные рудники, карьеры, годовая добыча которых составляет более 1 млн. т);

- крупнейшие металлургические комбинаты с литейным производством.

ОПО, которые являются менее опасными (III и IV классов опасности), к примеру сеть газопотребления или участок кранового хозяйства, не имеют необходимости создания СУПБ [1].

### **1.3 Цели создания СУПБ**

Исходя из определения, СУПБ является некоторым органом управления, который содержит функции отдельных звеньев промышленной безопасности, таких как:

- определение целей и задач предприятия, эксплуатирующего ОПО, в области промышленной безопасности;
- идентификацию, анализ риска и его прогнозирование возможных аварий на ОПО и непосредственно угроз, связанных с авариями;
- организация работ по предупреждению аварий и происшествий на эксплуатируемом ОПО;
- планирование и реализацию мер по снижению риска аварий на ОПО, в том числе при выполнении работ или оказании услуг на ОПО сторонними организациями либо индивидуальными предпринимателями;
- своевременную изменение мер по снижению риска аварий на ОПО;
- проведение производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности;
- участие работников предприятия, эксплуатирующих ОПО, в разработке и осуществлении мер по снижению риска аварий на ОПО;
- безопасность опытного применения технических устройств на ОПО;
- информационное обеспечение осуществления деятельности в области промышленной безопасности [2].

### **1.4 Правовое регулирование в области промышленной безопасности**

1. Правовое регулирование в области промышленной безопасности осуществляется настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами, принимаемыми в соответствии с ними нормативными правовыми актами Президента Российской Федерации, нормативными правовыми актами Правительства Российской Федерации, а также федеральными нормами и

правилами в области промышленной безопасности. (В редакции Федерального закона от 19.07.2011 № 248-ФЗ) [1];

2. Если международным договором Российской Федерации установлены иные правила, чем предусмотренные настоящим Федеральным законом, то применяются правила международного договора [1];

2<sup>1</sup>. Решения межгосударственных органов, принятые на основании положений международных договоров Российской Федерации в их истолковании, противоречащем Конституции Российской Федерации, не подлежат исполнению в Российской Федерации. Такое противоречие может быть установлено в порядке, определенном федеральным конституционным законом. (Пункт введен - Федеральный закон от 08.12.2020 № 429-ФЗ) [1];

3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности устанавливают обязательные требования к:

– деятельности в области промышленной безопасности, в том числе работникам опасных производственных объектов, экспертам в области промышленной безопасности; (В редакции Федерального закона от 02.07.2013 № 186-ФЗ)

– безопасности технологических процессов на опасных производственных объектах, в том числе порядку действий в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

– обоснованию безопасности опасного производственного объекта [1].

Установление и оценка применения содержащихся в федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности обязательных требований осуществляются в соответствии с Федеральным законом от 31 июля 2020 года № 247-ФЗ "Об обязательных требованиях в Российской Федерации". (В редакции Федерального закона от 11.06.2021 № 170-ФЗ) [1].

## **1.5 Виды гидрометаллургии, назначение**

В настоящее время на территории многих государств действует не малое количество гидрометаллургических комбинатов, заводов, цехов.

Гидрометаллургия – это процесс, осуществляемый с помощью извлечения металлов из исходного сырья, в котором главную роль выполняют химические реакции, осуществляемые в водных растворах. Сырьём могут послужить руды, химические концентраты, отходы других заводов либо самих гидрометаллургических процессов.

Существует несколько видов процесса гидрометаллургии:

- электролиз;
- ионный обмен;
- восстановление металлов;
- извлечение из растворов;
- выщелачивание;
- очистка [3].

В ходе осуществления гидрометаллургического процесса могут быть использованы следующие механические процессы:

- фильтрация;
- декантация;
- гидроциклонирование;
- центрифугирование и т.д [3].

## **1.6 Требования к безопасности технологических процессов**

Процессы металлургических и гидрометаллургических производств, внедряемые в производство, должны соответствовать требованиям промышленной безопасности.

При вводе в эксплуатацию объектов металлургии и гидрометаллургии должны быть учтены технические, а также организационные мероприятия по обеспечению промышленной безопасности гидро- и металлургических

предприятий. Также, должны быть предусмотрены средства, которые могут предотвратить возникновение аварийных ситуаций и минимизировать их последствия.

Организационные и технические мероприятия включают в себя:

- предохранение оборудования от критических ошибок, вследствие которых происходит отказ системы;
- недопущение ошибок рабочего персонала;
- автоматизация управления технологическим оборудованием;
- возможность дистанционного управления технологическими процессами;
- контроль работоспособности технологических систем;
- проверка систем на соответствие их проектным и предназначенным показательным данным;
- контроль состояния металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов;
- контроль метрологических характеристик измерительных каналов на соответствие проектным требованиям;
- введение систем противоаварийной защиты (ПАЗ);
- вводить в эксплуатацию оборудование, которое проходит своевременное техническое освидетельствование и плановый ремонт, а также только в исправном состоянии;
- своевременная замена негодных аппаратов, оборудования, деталей;
- обеспечение и соблюдение графиков осмотра, ремонта оборудования в соответствии с нормативными документами [1].

## **1.7 Статистика аварийности и травматизма**

Целью данного предприятия является снижения травматизма на минимум. Компания направляет все возможные ресурсы на выявление и снижение рисков с сфере охраны труда и промышленной безопасности, обучение

сотрудников технике безопасности и соблюдение международных стандартов в области ОТиПБ.

В период эксплуатации Амурского гидрметаллургического комбината не было зафиксировано ни одной аварии.

Таблица 1 – Характеристика травматизма на опасном объекте

Год п/п	Дата	Характеристика травмы	Причина травмы	Последствия травмы	% выполненных мероприятий, предусмотренных актами расследования
2012	15.06. 2012	Открытый перелом ногтевой фаланги 1 пальца правой стопы	Личная неосторожность пострадавшего	выздоровел	100%
2013-2022	Случаев не зафиксировано				

Данная статистика позволяет сделать вывод о том, что показатели травматизма на АГМК остаются минимальными, тем самым сохраняя и улучшая показатели в области безопасности.

## 2 Объект исследования

### 2.1 Общая характеристика ООО «Амурский гидрометаллургический комбинат»

Гидрометаллургический комбинат, который расположен в городе Амурск (далее АГМК), предназначен для переработки концентратов, полученных при обогащении упорных сульфидных золотосодержащих руд на Албазинском горно-обогатительном комбинате и на месторождении Майское. Также на АГМК выполняется переработка концентратов других производителей, так как выбранная технология автоклавного окисления с последующим сорбционным выщелачиванием является универсальной, позволяющей работать с сульфидными минералами различного вещественного состава [5].

Таблица 2 – Основные проектные параметры работы предприятия

Параметр	Единица измерения	Значение
<b>Режим работы</b>		
Продолжительность работы	Дней/год	365
	Дней/неделю	7
	Смен/сутки	2
	ч/смену	12
Коэффициент использования оборудования	%	85
<b>Производительность по перерабатываемому сырью</b>		
Производительность по сульфидной сере	т/год	13 400
	т/с	1.8
Албазинский концентрат (содержание сульфидной серы 6.5 %)	т/год	140 000
	т/сутки	451
	т/ч	18.8
Майский концентрат (содержание сульфидной серы 25 %)	т/год	22 250
	т/сутки	71.7
	т/ч	2.99
Суммарно	т/год	162 250
	т/сутки	523
	т/ч	21.8
<b>Технологическое извлечение металла из концентрата в сплав доре</b>		
Золото	%	94.00
Серебро	%	6.00

## 2.2 Описание технологической схемы переработки для концентрата месторождения «Майское»

Технологическая схема переработки концентрата месторождения «Майское» включает в себя следующие участки технологического процесса:

1. Участок измельчения и пульпообразования;
2. Участок автоклавного окисления
3. Участок охлаждения фильтрации и нейтрализации
4. Участок сорбционного цианирования
5. Участок фильтрации хвостов выщелачивания
6. Участок очистки оборотной воды
7. Участок десорбции и электролиза
8. Участок получения сплава «Доре»

Графически технологическая схема переработки концентрата месторождения «Майское» представлена в приложении А.

Гидрометаллургический передел начинается с участка измельчения и пульпообразования. Концентрат доставляется на ЗИФ в мешках «биг-бэг» и растаривается в бункер (поз. 1), оборудованный шнековым дозатором. Далее концентрат дозируется и попадает в шаровую мельницу (поз. 2), где измельчается до проектной крупности. Измельчение в шаровой мельнице происходит благодаря металлическим шарам. Материал шаров – сталь низкоуглеродистая. Измельчение происходит при добавлении воды, вследствие чего образуется пульпа. Полученная пульпа направляется на шнековый классификатор (поз. 3), на котором улавливаются частицы, размеры которых больше проектной крупности.

Проходя через классификатор, пульпа попадает на участок автоклавного окисления, а именно в емкость предварительного подкисления пульпы (поз. 4), где обрабатывается концентрированной серной кислотой. Емкость оснащена рубашкой подогрева. Далее, разогретая до  $70 \div 80$  °С подкисленная пульпа центробежным насосом закачивается в автоклав (поз. 5) оснащенный

импеллером и нагревательными элементами, а также аэраторами, благодаря которым осуществляется барботаж пульпы кислородом. В объем автоклава также предусмотрена подача серной кислоты. Процесс вскрытия рудной пульпы проводится под давлением 20 атм. и при температуре 200 ° С, постоянном перемешивании, а также  $pH = 3$ . Процесс окисления проводится в течение 8 ч.

После вскрытия автоклавом, пульпа направляется на участок сгущения и нейтрализации. Проходя через кожухотрубный теплообменник (поз. 6), пульпа охлаждается до температуры  $70 \div 80$  ° С и попадает в емкость нейтрализации (поз. 7). В емкость нейтрализации подается известковое молоко, которое взаимодействует с излишней серной кислотой и сульфат ионами с образованием гипса. Процесс проводится при постоянном перемешивании. Полученная суспензия далее направляется в сгуститель (поз. 8), на котором происходит сгущение пульпы. После сгустителя, пульпа поступает в емкость регулирования значения  $pH$  (поз. 9). В емкость поступает водный раствор гидроксида натрия, и перемешивается с пульпой, благодаря агитатору с моторным сервоприводом. Крайне важно удерживать значение  $pH = 11$ , во избежание разложения реагентов при дальнейшем гидрометаллургическом переделе.

После установления устойчивого значения  $pH = 11$ , пульпа поступает на участок сорбционного цианирования, а именно в каскад емкостей сорбционного выщелачивания (поз. 10), в первый из которых предусмотрена подача растворов цианистого натрия и гидроксида натрия, а также подача сорбента. В качестве сорбента применяется активированный уголь диаметром частиц в диапазоне  $1 \div 3$  мм. Материалом для изготовления сорбента является кокосовый уголь. Концентрация выщелачивающего агента  $NaCN - 0,05 \div 0,07$  %. Каждый реактор каскада оснащен агитаторами с моторным сервоприводом для тщательного перемешивания. В первые два реактора предусмотрена подача защитной щелочи в виде раствора  $NaOH$  концентрации  $0,01 \div 0,03$  %. Защитная щелочь добавляется для удержания  $pH$  в заданном значении, во избежание гидролиза цианида натрия с образованием летучей синильной кислоты – крайне ядовитого вещества для организма человека. Пульпа вместе с сорбентом течет по каскаду

реакторов, где происходит выщелачивание золота. В верхней части каждого из реакторов, оборудованы сетки для улавливания сорбента. Такие сетки служат для осуществления противотока сорбента и пульпы. Таким образом пульпа, проходя через каждый из реакторов, обедняется по золоту и серебру, а сорбент противотоком насыщается полезным компонентом. Процесс сорбционного выщелачивания длится в диапазоне 6 ÷ 8 ч. В конечном итоге степень извлечения золота составит 90 ÷ 95 %. После каскада, уже обедненная пульпа проходит через барабанный грохот (поз. 11), где улавливается уголь, насыщенный полезным компонентом. После грохота, обедненная пульпа отправляется на участок фильтрации хвостов выщелачивания, а насыщенный уголь на участок десорбции и электролиза.

Насыщенный полезным компонентом уголь, попадая в колонну десорбции (поз. 12), подвергается промывке. Десорбцию проводят 0,1 % раствором NaCN и 1 % раствором NaOH, при температуре 80 ÷ 100 °С. Процесс десорбции длится 6 ч. После десорбции сорбент отправляется на регенерацию, а элюат на электролизер (поз. 13). Процесс электролиза проводится с применением нерастворимых анодов. При пропускании постоянного тока на графитовом катоде восстанавливается золото. Обедненный раствор используется повторно в качестве десорбирующего агента.

Осажденное золото и серебро транспортируется ленточным конвейером на участок получения сплава “Доре”. Плавку золота проводят в индукционной печи (поз. 14), в закрытых графитовых тиглях с добавлением флюсов. При температуре 1100 ÷ 1200 °С. Далее сплав разливается в изложницы. Полученные слитки сплава “Доре” маркируют.

На участке фильтрации хвостов выщелачивания проводится фильтрация обедненной полезным компонентом пульпы. Пульпа, после грохота (поз. 11), поступает в емкость питания (поз. 15) пресс-фильтра (поз. 16), на котором происходит фильтрация оборотной воды. Полученный кек направляется в отвал, а фильтрат на участок очистки оборотной воды.

## 2.3 Характеристика основных технологических материалов

В технологическом процессе используются различные реагенты и материалы, перечень которых приведен в таблице (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика основных применяемых реагентов

Реагент	Характеристика
<b>Кислота Серная техническая</b>	
Химическая формула	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ГОСТ 2184-2013 Концентрация 93-94 %
Характеристика	Прозрачная маслянистая гигроскопическая жидкость, пожаро-взрывоопасна 2 класс опасности по ГОСТ 12.1.007-88
<b>Известняк (Карбонат кальция)</b>	
Химическая формула	CaCO <sub>3</sub> ТУ 0750-002-00186996-96
Характеристика	Осадочная горная порода с содержанием карбоната кальция 70-90% 4 класс опасности по ГОСТ 12.005-88
<b>Известь комовая</b>	
Химическая формула	CaO ТУ 301-06-16-90
Характеристика	Продукт обжига известняка и других карбонатных пород с содержанием CaO 80% 2 класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88
<b>Цианид натрия</b>	
Химическая формула	NaCN ГОСТ 8464-79 Содержание основного вещества 90 %
Характеристика	Белые слабоокрашенные кристаллы Ядовит 1 класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88
<b>Гидроксид натрия (Едкий натр)</b>	
Химическая формула	NaOH ГОСТ 2263-79 Содержание основного вещества 94 %
Характеристика	Твердое белое едкое вещество Хорошо растворим в воде Пожаро-взрывобезопасен 2 класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88
<b>Кислота сульфаминовая</b>	
Химическая формула	NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H ТУ 2121-278-00204197-2001 Содержание основного вещества 86 %
Характеристика	Кристаллическое вещество белого цвета Умеренно растворим в воде 3 класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88

Продолжение таблицы 3

Реагент	Характеристика
<b>Натрия полифосфат</b>	
Химическая формула	(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> · 3H <sub>2</sub> O ГОСТ 20291-80 Содержание основного вещества 95 %
Характеристика	Стекловидное прозрачное вещество в виде кусков желтовато-зеленоватого оттенка Пожаро-взрывобезопасен Не токсичен 4 класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88
<b>Кальция гипохлорит</b>	
Химическая формула	Ca(OCl) <sub>2</sub> ГОСТ 25263-82 Содержание основного вещества 35-50 %
Характеристика	Порошок белого цвета с резким запахом Растворим в воде Не горюч 2 класс опасности по ГОСТ 12.1.05-88
<b>Сульфат железа (железный купорос)</b>	
Химическая формула	FeSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O ГОСТ 6981-94 Содержание основного вещества 55 %
Характеристика	Кристаллическое вещество зеленовато-голубого цвета Пожаро-взрывобезопасен Мало токсичен 3 класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88
<b>Антискалант Акварезалт 1010-113</b>	
Химическая формула	Коммерческий препарат
Характеристика	Бесцветный или желтоватый раствор
<b>ЭДТА</b>	
Химическая формула	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>8</sub> · 2H <sub>2</sub> O
Характеристика	Неокрашенное твердое вещество, хорошо растворимое в воде 3 класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88[6]
<b>Уголь активированный</b>	
Химическая формула	WSC 207C GR
Характеристика	6×12 mesh

## 2.4 Свойство аварийно-опасного химического вещества (цианид натрия)

Цианид натрия (NaCN) представляет собой белое (различных оттенков) кристаллическое вещество, неустойчивое на воздухе (разлагается с выделением паров синильной кислоты), также разлагается водой (гидролиз), особенно опасно

взаимодействие цианистого натрия с кислотами, при котором происходит бурное выделение цианистого водорода [7].

Относится к сильнодействующим ядовитым веществам (СДЯВ) [7].

Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны составляет 0,3 мг/м<sup>3</sup> [7].

Цианид натрия по степени воздействия на организм человека относится к высокоопасным веществам 2-го класса опасности [8].

Пути проникновения в организм человека: пероральный (путем заглатывания пыли вещества) и дыхательный (путем вдыхания паров синильной кислоты, выделяющейся из растворов цианидов или при действии воды или кислот на цианистый натрий). Отравление цианидами характеризуется головокружением, одышкой, стеснением и болью в груди (легкое отравление). При продолжении действия яда усиливается одышка и сердцебиение, общая слабость, потеря сознания, судороги, смерть.

Индивидуальные средства защиты:

- Изолирующие дыхательные аппараты, противогазы фильтрующие с патроном марки «В» (при концентрации кислорода в воздухе от 19 до 23%),
- Полнолицевые панорамные маски 3М с фильтрующими элементами 6059;
- Костюм защитный легкий типа Л-1 для защиты кожных покровов.

Действия спасателей

- Оказание помощи в загазованной среде

Включить пострадавшего в изолирующий дыхательный аппарат (фильтрующий противогаз). Увязать на носилках, транспортировать на газоспасательную базу.

- Первая медицинская помощь на базе

При отравлении цианистыми соединениями необходимо пострадавшего вывести (вынести) на свежий воздух, освободить от стесняющей одежды, при нарушении дыхания необходимо делать искусственное дыхание используя мешок Амбу – ручной аппарат для искусственной вентиляции лёгких. Яд

действует быстро, поэтому необходимо немедленно дать вдыхать пострадавшему пары амилнитрита (пентилнитрита) (даже если он находится без сознания) по 20-30 секунд каждые 5 минут (извлечь из аптечки ампулу амилнитрита (пентилнитрита), обернуть ее платком или бинтом и сломать ампулу. При этом произойдет небольшой хлопок и жидкость впитается в ткань) ингаляцию амилнитрита (пентилнитрита) продолжать до прибытия врача.

- При просыпях: собрать просыпанное вещество в сухие герметичные контейнеры. Вывезти на участок приготовления цианида натрия.

- При пожаре: запрещается тушить водой. Для тушения использовать сухой песок, асбестовую кошму, порошковый огнетушитель.

### 3 Практическая часть

#### 3.1 Аварийные ситуации с сильнодействующим ядовитым веществом (цианид натрия)

Аварийная ситуация – состояние потенциально опасного объекта, характеризующееся нарушением пределов и (или) условий безопасной эксплуатации, не перешедшее в аварию, при котором все неблагоприятные влияния источников опасности на персонал, население и окружающую среду удерживаются в приемлемых пределах посредством соответствующих технических средств, предусмотренных проектом [9].

Опасные производственные объекты, эксплуатируемые ООО «АГМК» зарегистрированы в государственном реестре опасных производственных объектов в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1].

Таблица 4 – Опасные производственные объекты

Наименование объекта	Класс опасности
Цех извлечения золота (объект обогащения)	II класс
Склад сырьевой цианида натрия	III класс
Сеть газопотребления ООО «АГМК»	III класс
Площадка воздухоразделительной установки	III класс
Склад сырьевой цианида натрия №2	I класс

План мероприятий подлежит пересмотру не реже 1 раза в год. (Основание: на ОПО «Цех извлечения золота» проводятся работы по обогащения полезных ископаемых).

Необходимое пересмотрение плана мероприятий:

1. Не менее чем за 15 календарных дней до истечения срока действия предыдущего плана мероприятий;
2. Не позднее 1 месяца после:
  - реконструкции, технического перевооружения объекта или внесения изменений в технологию производства;

– внесения изменений в применяемые при осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на объекте методики (методы) измерений или типы средств измерений;

– внесения изменений в системы управления технологическими процессами на объекте.

3. В соответствии с актом технического расследования причин аварии на объекте;

4. По предписанию Федерального закона исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориального органа в случае выявления несоответствия сведений, содержащихся в плане мероприятий, сведениям, полученным в ходе осуществления Федерального государственного надзора в области промышленной безопасности, или в случае выявленных новых факторов риска по результатам технического расследования причин аварий на иных аналогичных объектах.

### **3.2 Объекты, входящие в состав опасного производственного объекта**

В таблице 5 приведен перечень наименования оборудования, которое входит в состав опасного производственного объекта [1].

Таблица 5 – Цех извлечения золота (Гидрометаллургический комбинат, (ГМЦ))

№	Наименование объекта, входящего в состав ОПО	Краткая характеристика опасности	Марка технического устройства, его регистрационный номер, заводской номер, наименование опасного вещества	Характеристика, ТУ, год изготовления и ввода в эксплуатацию, характеристика и количество опасного вещества
1	Кран мостовой электрический двухблочный опорный	Использование грузоподъемных механизмов	Кран мостовой регистрационный № Кр-10196; Заводской № 100467	Грузоподъемность – 16 т, Высота подъема – 18 м. Год изготовления и ввода в эксплуатацию 2010
			Кран мостовой регистрационный № Кр-11060; Заводской № 031	Грузоподъемность – 16 т, Высота подъема – 18 м. Год изготовления 2011 г; год ввода в эксплуатацию 2011
			Кран мостовой регистрационный № А71-00107-0002ПС; Заводской № 116	Грузоподъемность – 20/10 т, Высота подъема – 18/18 м. Год изготовления 2015 г; год ввода в эксплуатацию 2017
2	Кран стреловой пневмоколесный полноповоротный	Использование грузоподъемных механизмов	Кран стреловой автомобильный SANY QY50С; регистрационный № А71-0107-0003ПС; Заводской № LFCCNNF5P9D2000641	Грузоподъемность – 50 т, высота главного подъема – 42.8м, высота вспомогательного подъема – 58.2м. год изготовления – 2013; год ввода в эксплуатацию – 2016.
			Кран стреловой на специальном короткобазовом ходу TADANO GR-500GX; регистрационный № А71-00107-0001ПС; заводской № 541129	Грузоподъемность – 50 т, высота главного подъема – 32м, высота вспомогательного подъема – 42м. год изготовления – 2014; год ввода в эксплуатацию – 2016.

Продолжение таблицы 5

3	Сосуды, работающие под давлением	Использование оборудования, работающего под давлением более 0.07 Мпа или при температуре нагрева воды более 115 град. С. Ведение работ по обогащению.	Колонна десорбции регистрационный №С-11003, зав. №10133-01	Рабочее давление 0.35 МПа Объем 6.84 куб.м Изготовлена в 2010 г, введена в эксплуатацию 2011 г.
			Колонна десорбции регистрационный №С-11002, зав. №10133-02	Рабочее давление 2.17 МПа Объем 179.1 куб.м. Изготовлен в 2010 г, введен в эксплуатацию 2011 г.
			Автоклав регистрационный №С-11000, зав. №SM09-5-363	Рабочее давление 2.9 МПа Объем 2.15 куб.м. Изготовлен в 2010 г, введен в эксплуатацию 2011 г.
			Бак обратной продувки паром регистрационный № С-11004, зав. №SM09-5-363	Рабочее давление 2.46 МПа Объем 8.83 куб.м. Изготовлен в 2010 г, введен в эксплуатацию 2011 г.
			Бак обратной продувки кислородом регистрационный № С-11004, зав. №SM09-5-364	Рабочее давление 3.0 МПа Объем 0.42 куб.м. Изготовлен в 2011 г, введен в эксплуатацию 2012 г.
			Напорный резервуар 420 л, регистрационный №С-11022, зав. №2349	Рабочее давление 0.8 МПа Объем 10.0 куб.м. Изготовлен в 2011 г, введен в эксплуатацию 2012 г.
4	Емкость хранения серной кислоты	Обращение опасных веществ	Серная кислота	Ввод в эксплуатацию – 2012 г. Токсичное и окисляющее вещество. Объем – 180 куб.м.

Продолжение таблицы 5

5	Оборудование литейного производства	Получение расплавов черных и цветных металлов и сплавов на основе этих расплавов	Дуговая печь постоянно тока ДППТ – 0.06 (Т). Заводской №1-010	Q=0.1 т/ч цветных металлов. Год изготовления 2010 г; год ввода в эксплуатацию – 2012.
			Электропечь индукционная плавильная тигельная ИСТ – 0.16/0.32	Q=0.16 т/ч цветных металлов. Год изготовления 2010 г; год ввода в эксплуатацию – 2012.
6	Емкости	Обращение опасного вещества. Ведение работ по обогащению	Емкости сорбционного выщелачивания (8 шт) Заводской № б/н. Цианид натрия	Объем 385 куб.м. год ввода в эксплуатацию – 2012.
			Емкости подкисления (5 шт) Серная кислота	Объем 100 куб.м. год ввода в эксплуатацию – 2012.
			Емкость приготовления цианида натрия. Заводской № 11765 Цианид натрия	Объем 6 куб.м. год ввода в эксплуатацию – 2012.
			Емкость хранения раствора цианида натрия. Цианид натрия	
			Емкости подготовки концентрата (3 шт) Заводской № б/н	Объем 500 куб.м. год ввода в эксплуатацию – 2012.
			Емкости нейтрализации пульпы концентрата (6 шт) Заводской б/н	Объем 180 куб.м. год ввода в эксплуатацию – 2012.
			Емкости хранения оборотной воды и пульпы концентрата (8 шт) Заводской № б/н	Объем от 125 до 1100 куб.м. год ввода в эксплуатацию – 2012.
7	Склад кека	Ведение работ по обогащению	Хвосты переработки концентрата	Ввод в эксплуатацию 2012 г. Полусухое складирование влажность до 35%

Продолжение таблицы 5

8	Дробилка		Дробилка шнеко-зубчатая ДШЗ-500 Рег. №АГ0000451	Ввод в эксплуатацию – 2013 г.
9	Мельницы		Мельница шаровая для мокрого измельчения с МШР 2100х3000 Рег. №ХК0003639	Ввод в эксплуатацию – 2014 г.
			Мельница шаровая для мокрого измельчения с центральной нагрузкой МШЦ 2100х1500 Рег. №АГ0000325; Рег. №АГ0000326	Ввод в эксплуатацию – 2012 г.
10	Гидроциклонные установки		«CAVEX 250» Рег. №АГ0000625 Рег. №АГ0000626 Рег. №АГ0000655	Ввод в эксплуатацию – 2014 г.
11	Сгуститель		«Supaflo» Сгуститель Д=18м Рег. № АГ0000408	Ввод в эксплуатацию – 2013 г.
12	Пресс-фильтры		«Andritz» Фильтр-пресс камерный Mining SEM2000CZWDK Рег. №АГ0000343 Рег. №АГ0000344 Рег. №АГ0000345	Ввод в эксплуатацию – 2012 г.
13	Конвейеры		Конвейеры ленточные Рег. № АГ0000327 Рег. №АГ0000328 Рег. №АГ0000329	Ввод в эксплуатацию – 2012 г.
			Конвейер ленточный УКЛС-100/3 L=10м Рег. № АГ0000737	Ввод в эксплуатацию – 2015 г.
			Конвейеры корпуса дробления извести и известняка Рег. № АГ0000494	Ввод в эксплуатацию – 2013 г.
14	Классификатор		Классификатор спиральный КСН 12х65 Рег. № АГ0000454	Ввод в эксплуатацию – 2013 г.

### 3.3 Сценарии возникновения и развития аварий на ООО «АГМК»

В таблице 6 рассмотрены сценарии возникновения и развития аварий на ООО «АГМК».

Таблица 6 – Сценарии возникновения и развития аварий

Сценарий	Схема развития сценария
Нарушение герметичности тары в процессе транспортировки от расходного склада до участка приготовления цианида.	В результате нарушения правил транспортировки существует вероятность происшествия с разрушением транспортировочной тары и россыпью аварийно химически опасного вещества (NaCN) Максимальное количество аварийно химически опасного вещества участвующего в аварийной ситуации (в пересчете на сухое вещество NaCN) 1 тонна.
Разгерметизация емкостей с раствором цианистого натрия, трубопроводов для транспортировки NaCN, запорной арматуры на указанных трубопроводах (участок сорбционного выщелачивания, участок приготовления цианида натрия)	Коррозионная активность технологических растворов или превышение предельных нагрузок на площадки емкостей (расположение грузов, превышающих проектные нагрузки) создает опасность разгерметизации емкостей розлив технологических растворов по территории производственных участков- повышение площади испарения опасного вещества - возможно выделение цианистого водорода в воздух рабочей токсическое поражение персонала. Максимальное количество аварийно химически опасного вещества участвующего в аварийной ситуации (в пересчете на сухое вещество NaCN) 1 тонна.
Нарушение герметичности тары в процессе подъема тары на бункер емкости приготовления (с использованием крана)	В результате нарушения правил безопасности при выполнении работ по строповке и перемещению грузов краном возможно разрушение индивидуальной полиэтиленовой тары и просыпь вещества. Максимальное количество аварийно химически опасного вещества участвующего в аварийной ситуации (в пересчете на сухое вещество NaCN) 1 тонна.
Нарушение параметров технологического процесса	В результате нарушения требований технологического процесса (уровень в емкостях приготовления и расходной, уровень pH ниже, установленного технологической инструкцией) возможно: -розлив раствора цианида в аварийный поддон (не соблюдение уровня в емкостях); -залповый выброс циановодорода (HCN)
Разгерметизация автоклава или емкостей участка автоклавного окисления (участок автоклавного окисления)	Выход параметров технологического процесса за предельные режимы; некорректная работа предохранительных устройств; внешние воздействия природного и техногенного характера — разрушение элементов трубопроводной обвязки подачи пульпы, кислорода, пара – розлив на территории участка горячего технологического раствора (кислой пульпы), повышенное содержание кислорода в воздухе рабочей зоны (на производственном участке), наличие мест истечения перегретого водяного пара – возможность получения персоналом химического/термического ожога, отравления продуктами окисления технологического раствора/пульпы

Продолжение таблицы 6

Переливы открытых технологических резервуаров (прудов)	В результате нарушения водного баланса или массовых обильных работа предохранительных водяного пара возможность получения осадков, аварийного отключения насосов, производящих откачку из прудов на участок нейтрализации, возможно критическое повышение уровней открытых технологических емкостей (прудов), перелив через борт
Обнаружение цианистых соединений в наблюдательных скважинах (неконтролируемая фильтрация)	В результате нарушения целостности гидроизолирующего покрытия технологических прямков (зумпфов) или полов участков сорбционного выщелачивания и приготовления появление неконтролируемой цианида натрия возможно фильтрации.
Загрязнение вод (накопительная емкость) цианидом натрия.	В результате просыпей/розливов на территории предприятия аварийно-химически опасных веществ, существует вероятность попадание опасных веществ вместе с природными осадками в накопительную емкость поверхностных вод с промплощадки.

### 3.4 Оценка риска

В таблице 7 приведены основные методы оценки риска [10].

Таблица 7 – Методы оценки риска

Метод	Вид деятельности				
	размещени е	проектировани е	Ввод или вывод из эксплуатаци и	эксплуатаци я	реконструкци я
Метод проверочного листа	+	+	+	+	+
Анализ «Что будет, если.?»	0	+	++	++	+
Предварительный анализ опасностей	++	+	0	0	+
Анализ опасности и работоспособности	+	++	+	+	++
Анализ видов и последствий отказов	+	++	+	+	++
<b>Анализ «дереьев событий и отказов»</b>	0	++	+	+	++
Количественный анализ риска	++	++	+	+	+

Существует несколько методов оценки риска, которые приведены в таблице 4. В зависимости от вида деятельности рассматривается соответствующий метод.

- где: – «0» – менее подходящий вариант;  
 – « + » – рекомендуемый вариант;  
 – « + + » – более подходящий вариант.

Рассматривая подробно возможные сценарии возникновения аварий на АГМК, в качестве метода оценки риска было принято решение выбрать анализ «деревьев отказов и событий». На рис. 2 представлено множество отказов системы. Такое дерево достоверно и полно описывает рассматриваемый объект. В связи с изменениями периодичности освидетельствований были рассмотрены изменения только дерева отказов, поскольку дерево событий остается неизменным.

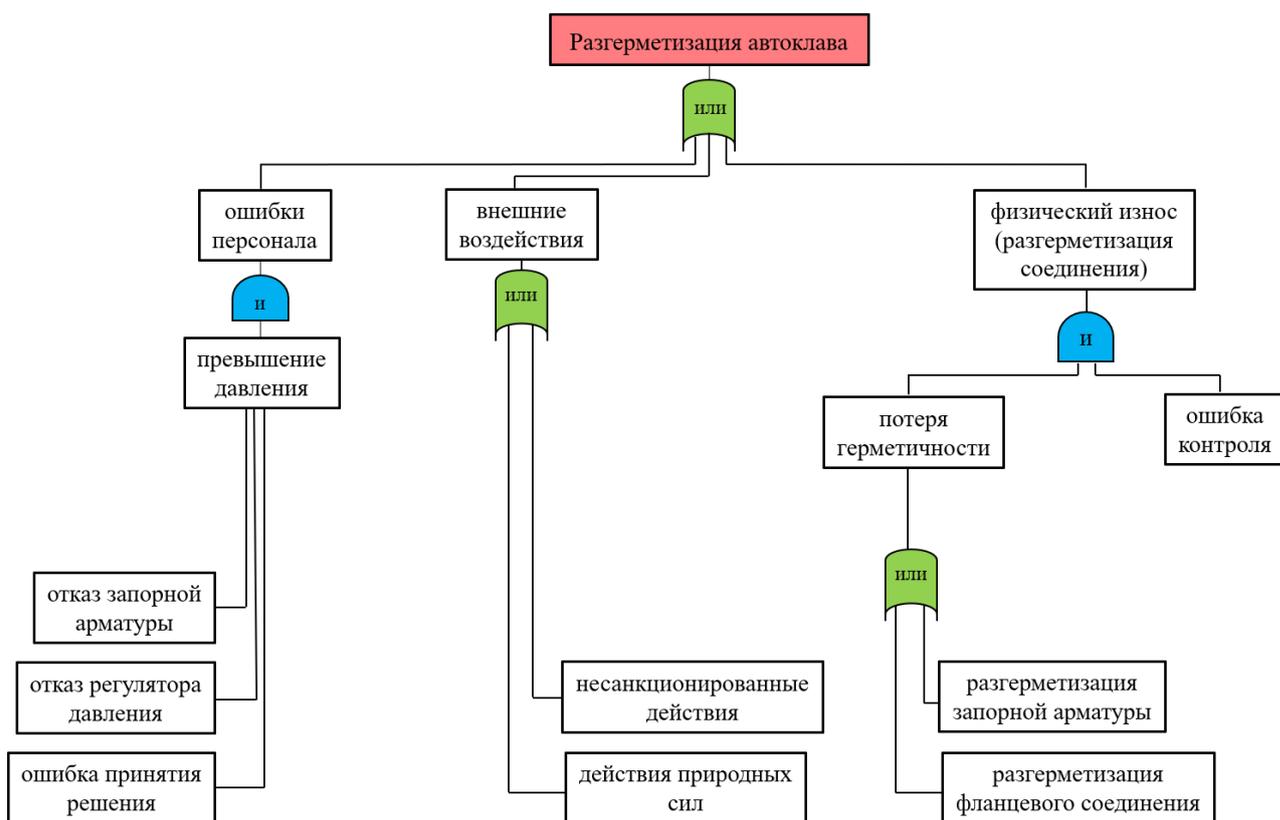


Рисунок 2 – Дерево отказов для автоклава

Возникновение возможных аварийных ситуаций, то есть случайных событий, которые могут привести к разгерметизации при эксплуатации автоклава является основной опасностью.

При построении данного «дерева отказов» учитывались три группы факторов: физический износ, внешние воздействия, ошибки персонала.

### 3.5 Компенсирующие мероприятия

Любое предприятие, которое эксплуатирует ОПО должно проводить техническое освидетельствование.

Периодичность данных освидетельствований определяет:

- руководство по эксплуатации;
- правила промышленной безопасности ОПО, на которых эксплуатируется оборудование, работающее под давлением более чем 0,07 мПа[1].

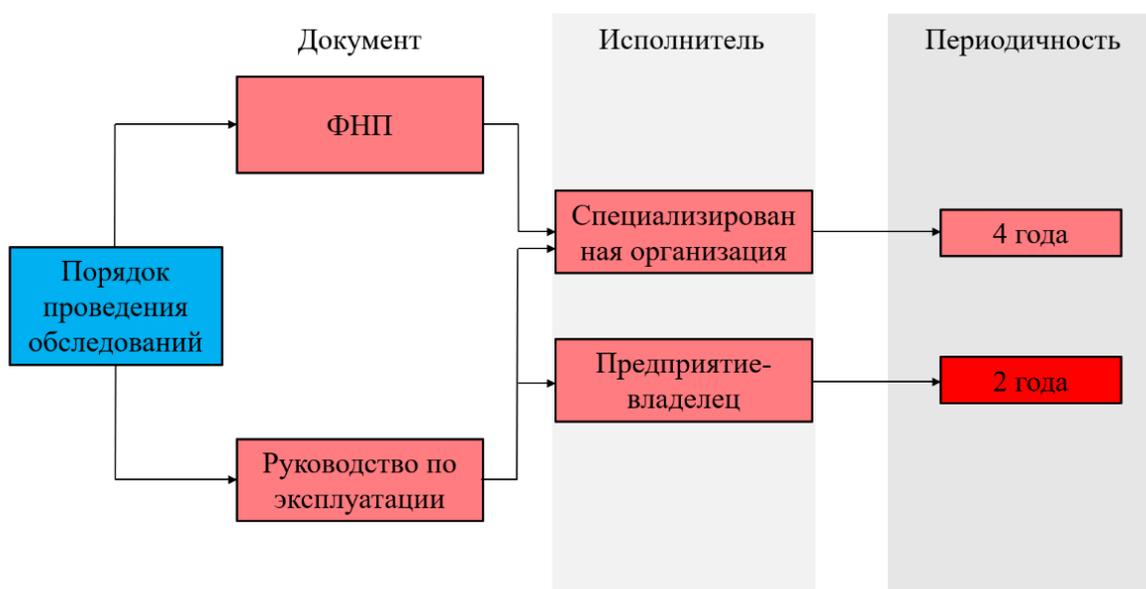


Рисунок 1 – Требования норм и правил

Наибольший период освидетельствований автоклава – 4 года.

Ответственный по эксплуатации производственного оборудования осуществляет технический осмотр:

- с привлечением специализированной организации не реже 1 раза в 4 года;
- специалист, работающий, на предприятии проводит технический осмотр не реже 1 раза в 2 года.

Каждые 2 года возникает необходимость остановки автоклава для технического осмотра.

Во избежание экономических потерь, которые будут вызваны необходимостью периодического осмотра автоклава, были рассмотрены альтернативные варианты:

1. Не вносить изменения, то есть останавливать процесс каждые два года для проведения осмотра автоклава;
2. Установка резервного автоклава, то есть при осмотре, который будет проходить каждые два года, переключать на него и не останавливать процесс;
3. Период технического освидетельствования увеличить до 8 лет, при условии, что будут внедрены компенсирующие мероприятия.

Было принято решение выбрать два компенсирующих мероприятия:

- система мониторинга;
- разработка стандарта организации.

Основными параметрами для сравнения и рассмотрения были выбраны периодические и единовременные затраты. Далее приведены сравнения затрат:

– в первом варианте отсутствуют единовременные вложения, но имеются затраты в случае остановке всего технологического процесса, поэтому рассматриваемый вариант нецелесообразен.

– сравнивая второй и третий вариант, можно сделать вывод, что затраты одинаковы, но при введении в процесс резервного автоклава периодические затраты значительно выше, на основании осуществления технических освидетельствований, которые проводятся каждые два года.

Поэтому, можно сделать вывод, что более рациональным вариантом является переход периодических освидетельствований каждые восемь лет с внедрением компенсирующих мероприятий.

Таблица 8 – Компенсирующие мероприятия

Система мониторинга	Стандарт организации
<p>Функции</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– контроль технического состояния;</li> <li>– создание базы данных;</li> <li>– прогноз ресурса.</li> </ul>	<p>Объемы и методы</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– мониторинга;</li> <li>– диагностирований без выведения объекта из эксплуатации;</li> <li>– периодических и внеочередных технических освидетельствований.</li> </ul>

Система мониторинга является одним из компенсирующих мероприятий, целью которой является обеспечение безопасного ведения процесса вскрытия рудной пульпы в автоклаве, на основе контроля технологических параметров процесса. Система мониторинга проводит анализ параметров при эксплуатации автоклава.

Система мониторинга осуществляет анализ технологических параметров эксплуатации автоклава и контроль акустико-эмиссионной активности. После чего осуществляется запись в базу данных показатели технологических параметров.

Акустико-эмиссионный контроль регистрирует образование и дальнейшее развития дефектов, которые могут развиваться из-за эксплуатационных нагрузок. Также данный метод контроля классифицирует их по степени опасности.

Акустико-эмиссионный метод опирается на нормативно-техническую базу, с помощью которой разрабатываются методы по мониторингу технического состояния производственного оборудования.

В качестве второго компенсирующего мероприятия должен быть разработан стандарт организации, в котором указываются объемы и методы:

- мониторинга;
- диагностирований без выведения объекта из эксплуатации;
- периодических и внеочередных технических освидетельствований.

### 3.5.1 Внедрение компенсирующих мероприятий

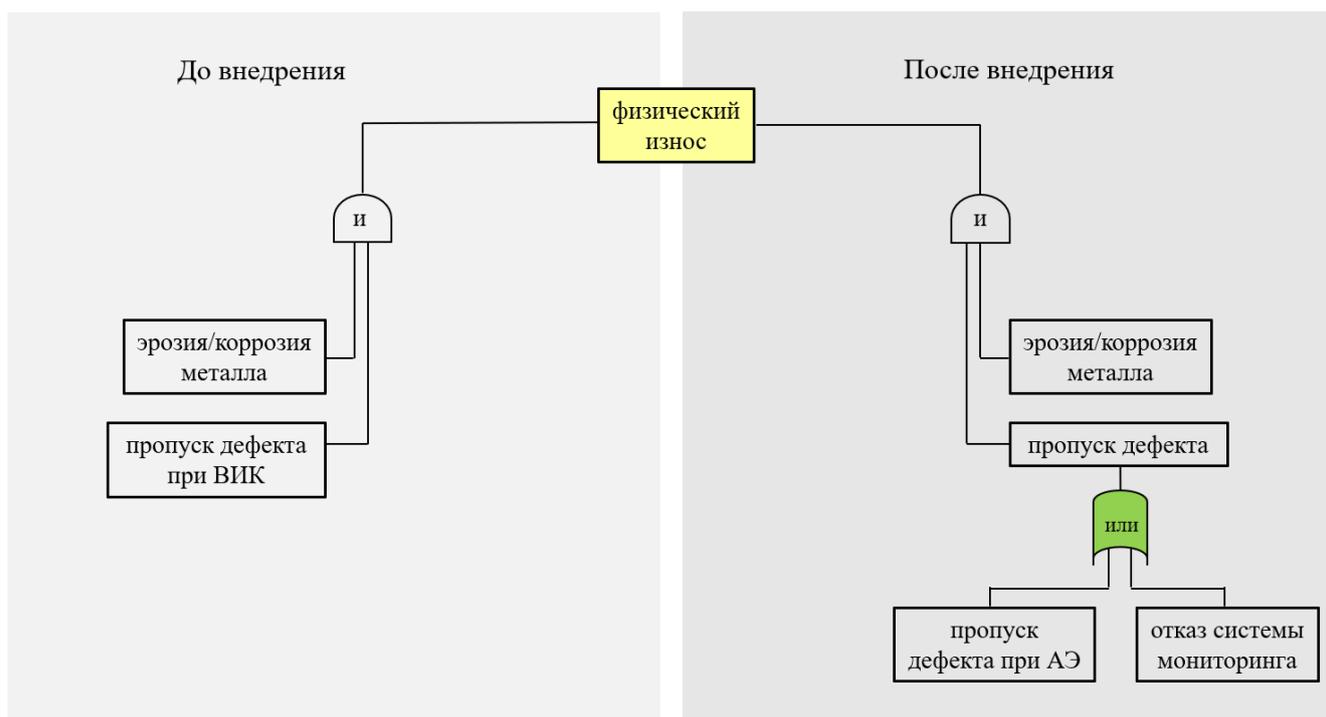


Рисунок 3 – Составляющая дерева отказов

На рисунке 3 представлена составляющая ветви до и после введения компенсирующих мероприятий, причиной которой является физический износ. В первом и во втором случае присутствует вероятность возможного отказа, причиной которого является эрозия и коррозия металла. Также присутствует вероятность пропуска дефекта при визуально-измерительном контроле.

Так как имеется вероятность случайных ошибок персонала, пропуска дефекта при визуально-измерительном контроле значительно выше, чем при акустико-эмиссионном контроле, даже при возможности отказа системы мониторинга, которая пренебрежительно мала.

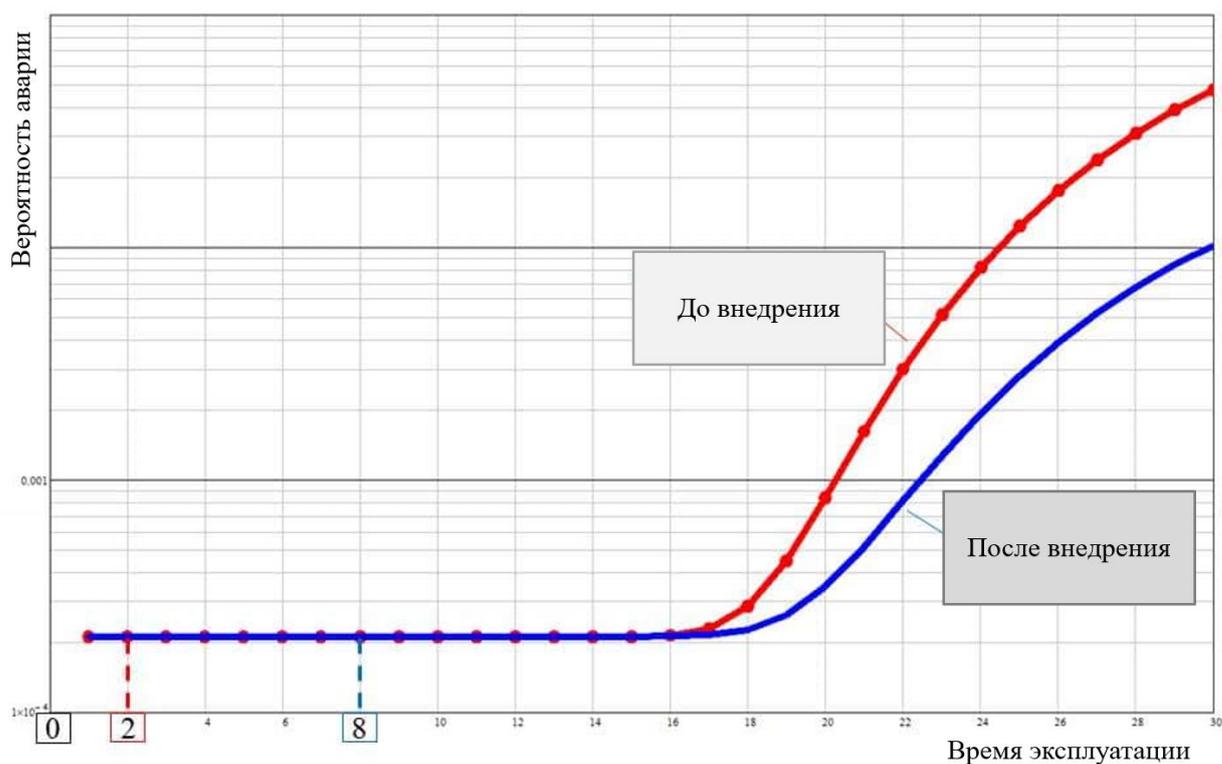


Рисунок 4 – Сравнение итоговых вероятностей

Для определения вероятности отказов был рассмотрен ООО «Покровский АГК», на котором внедрена система мониторинга и за период его эксплуатации не было зафиксировано аварийных ситуаций.

Сравнивая графики на рисунок 4, можно заметить, что на протяжении 2 и 8 лет эксплуатации автоклава вероятность его разгерметизации не зависит от физического износа.

Как видно из рисунка 4, при эксплуатации на протяжении от 16 до 22 лет вероятность отказа увеличивается по причине действия физического износа.

Уже свыше 22 лет эксплуатация характеризуется увеличением вероятности отказа. Поэтому, на данной стадии физического износа вероятность разгерметизации определяется исходя из технического состояния автоклава и почти не зависит от иных факторов.

В связи с этим, было принято решение в качестве компенсирующего мероприятия установить систему мониторинга. Ее основным преимуществом является то, что она способна выявить дефекты на ранней стадии их появления.

Поэтому можно увеличить интервал между техническими осмотрами автоклава, вследствие чего будет снижен риск возникновения аварий.

Из графика на рисунке 4 можно сделать вывод, что при эксплуатации автоклава в течение 16 лет не наблюдается изменения вероятности возникновения аварийных ситуаций из-за физического износа и поэтому период технических освидетельствований может быть увеличен с 2 до 8 лет при внедрении компенсирующих мероприятий.

### **3.6 Обеспечение безопасности при аварийных и чрезвычайных ситуациях**

Организационные и технические мероприятия включают в себя:

- защита технологического оборудования от отказов технических систем;
- исключение возможных ошибок персонала, а также при техническом обслуживании;
- возможность автоматизированного управления технологическим оборудованием;
- возможность дистанционного управление технологическими процессами из пультовых и операторских помещений;
- проверка работоспособности технологических систем;
- испытание систем на соответствие их проектным показателям;
- контроль и своевременная проверка состояния металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов;
- проверка метрологических характеристик измерительных каналов на соответствие проектным требованиям;
- система предохранительных клапанов;
- введение программы контроля и диагностики за технологическими параметрами процесса с выводом информации, которая характеризует безопасную работоспособность технологического оборудование, на операторское место;

- введение системы противоаварийной защиты, которая обеспечивает:
  1. Автоматическую защиту и блокировку оборудования по предельным значениям аналоговых и дискретных переменных;
  2. Сигнализацию предельных значений параметров;
  3. Регистрацию значений параметров сигнализаций и блокировок, а также действия оператора
- управление технологическими процессами без нарушения норм и правил технологического режима;
- эксплуатация оборудования, которое проходит своевременную проверку, плановый ремонт и является исправным
- своевременное техническое освидетельствование и регистрация поднадзорного оборудования;
- обеспечение безопасной работы при проведении ремонта и чистки аппаратов;
- своевременная замена пришедших в негодность термоизоляции аппаратов и трубопроводов, ограждения площадок, защитных сеток и кожухов;
- заземление оборудования для защиты от статического электричества и вторичных проявлений молний;
- эксплуатация технологического оборудования, трубопроводов, трубопроводной арматуры, выработавших установленный срок пробега, только при наличии технического заключения о возможности его дальнейшей работы и получения разрешения в установленном порядке;
- в процессе эксплуатации установки должно быть обеспечено соблюдение графиков осмотра, ремонта и технического освидетельствования аппаратов, трубопроводов, предохранительных устройств в соответствии с графиком и действующими нормативными документами [11].

## **4 Социальная ответственность**

Гидрометаллургический комбинат в г. Амурск (АГМК) предназначается для переработки концентратов,

полученных при обогащении упорных сульфидных золотосодержащих руд на Албазинском ГОКе и на месторождении Майское. Кроме того, на АГМК возможна переработка концентратов сторонних производителей, поскольку выбранная технология автоклавного окисления с последующим сорбционным выщелачиванием является универсальной, позволяющей работать с сульфидными минералами различного вещественного состава.

Рассматриваемое рабочее место – производственное помещение размерами 20×30 м, которое оснащено необходимым оборудованием для проведения процесса сорбционного выщелачивания (каскад состоит из восьми емкостей (одна резервная)  $D=7,8$  м,  $H=8$  м, из оборудованных мешалками, насосами и грохотами).

Работа аппаратчика-гидрометаллурга заключается в следующем: ведение технологического процесса определенного участка, эксплуатация оборудования, выполнение сменных заданий.

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

Охрана труда в РФ представлена комплексом правовых норм, непосредственно направленных на создание безопасных и безвредных условий труда. Эти нормы есть в российском законодательстве, правилах ТБ, коллективных договорах, приказах и инструкциях ведомств.

К законодательным актам РФ, устанавливающим основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, относятся:

- Конституция РФ;
- Трудовой кодекс РФ (ТК РФ);
- Гражданский кодекс РФ (ГК РФ);

– Кодекс об административных правонарушениях РФ (КоАП РФ).

Право на безопасный труд закреплено в Конституции РФ.

Основные законодательные акты, обеспечивающие безопасные и безвредные условия труда, представлены ТК РФ. Кроме того, имеется ряд Федеральных законов, устанавливающих различные законодательные требования по охране труда. Например, ФЗ РФ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

ГК РФ устанавливает ответственность работодателей вследствие причинения вреда работнику на производстве, а также определяет формы и размер возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью гражданина.

В соответствии с КоАП РФ в случае нарушения законодательства о труде и об охране труда налагается административный штраф на должностных лиц или административное приостановление деятельности предприятия, либо дисквалификация.

Одновременно с этим общие требования по ТБ содержатся в системе стандартов безопасности труда (ССБТ) - ГОСТах, нормах и правилах.

Создавая безопасные и безвредные условия труда на предприятиях, администрация обязана руководствоваться правилами по охране труда.

С учётом этих норм разрабатываются инструкции по охране труда.

Статья 94 ТК РФ определяет, что продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

– для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

– при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов;

– при 30-часовой рабочей неделе и менее - 6 часов [12].

## 4.2 Производственная безопасность

При проведении процесса сорбционного выщелачивания аппаратчик-гидрометаллург может подвергаться воздействию опасных и вредных факторов. Перечень выявленных факторов представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Опасные и вредные факторы

Факторы	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
Повышенный уровень шума	СП 2.4.3648-20 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
Повышенный уровень общей и локальной вибрации	ГОСТ 30296-95 Аппаратура общего назначения для определения основных параметров вибрационных процессов.
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
Монотонность труда, вызывающая монотонию	<i>Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.</i>
Падение с высоты	Гост 12.4.317-2019 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты
Воздействие аварийно химически опасных веществ	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
Ударные волны воздушной среды	ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования

#### 4.2.1 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 в таблице 10 приведены оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата.

Таблица 10 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С <sup>0</sup>		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с		
		Факт ич. значение	Допустим.з значение		Фактич. значение	Допустим.з значение	Факт ич. значение
1	2	3	4	5	6	7	8
Теплый	Іб	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3
Холодный	Іб	19,0-20,9	23,1-24,0			0,1	0,2

Необходимо предпринимать всевозможные меры для поддержания оптимальных условий работы, такие как рациональное размещение и слежение за нормальным функционированием отопительных и вентиляционных систем, а также устройства кондиционирования [13].

Исходя из значений таблицы 1 можно сделать вывод о том, что производственное помещение гидрометаллургического комбината соответствует санитарным правилам и нормам.

## **4.2.2 Повышенный уровень шума**

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СП 2.4.3648-20, при выполнении основных работ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБА [14].

В производственном помещении уровень шума превышает допустимые значения, поэтому предусмотрены средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

- Устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- Изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов керамзит шамотный кирпич);
- Применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

Средства индивидуальной защиты:

- Применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

## **4.2.3 Повышенный уровень общей и локальной вибрации**

Воздействие вибраций в проекте прогнозируется в допустимых пределах, что достигается применением серийного сертифицированного оборудования, проектными решениями по его размещению, мероприятиями по минимизации вибраций и ограничением времени нахождения персонала в зоне воздействия.

Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими нормы согласно ГОСТ 30296-95 более чем на 12 дБ (в 4 раза), по интегральной оценке, или в какой-либо октавной полосе, не допускается [16].

В производственном помещении параметры вибраций не соответствуют нормам, вследствие этого составлен перечень мероприятий по снижению воздействий вибрации на организм человека.

Уменьшение вибрации достигается мероприятиями технического, организационного, санитарно-гигиенического и профилактического характера:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения;
- виброизоляция;
- вибродемпфирование;
- виброгашение;

Средства индивидуальной защиты:

- для рук – рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки
- для ног – спец. обувь, подметки, наколенники
- для тела – пояса, нагрудники, спец. костюмы.

При использовании виброопасных ручных инструментов работы следует проводить с применением режимов труда, которые должны обеспечивать:

- общее ограничение времени воздействия вибрации в течение рабочей смены;
- ограничение длительности непрерывного одноразового воздействия вибрации;
- использование регламентированных перерывов для активного отдыха и лечебно-профилактических процедур.

Регламентированные перерывы продолжительностью 20 и 30 минут устраивают через 1-2 часа после начала смены и через 2 часа после обеденного перерыва.

#### **4.2.4 Отсутствие или недостаток искусственного освещения**

Рациональное освещение имеет большое значение в процессе работы завода.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [13].

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

Наилучшим видом освещения является дневное, солнечное. Поэтому в соответствии с СП все цеха завода имеют естественное освещение. Но дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течении всего рабочего дня, а также зависит от погодных условий. Поэтому цеха завода обеспечиваются естественным и искусственным освещением. В качестве источников искусственного освещения применяются люминесцентные лампы.

Территории производственных помещений, на которых установлено техническое оборудование, должны иметь освещенность не менее 100 лк. Производственное помещение гидromеталлургического комбината соответствует нормам.

#### **4.2.5 Монотонность труда, вызывающая монотонию**

Опасность монотонности заключается в снижении внимания к процессу производства, быстрой утомляемости и снижении интереса к трудовому процессу, что влияет на безопасность труда в целом. Особое значение это имеет на сложных производствах или производствах с вредными условиями труда, где аккуратность и внимание имеют решающее значение. Поэтому решающее значение имеет и неукоснительное соблюдение техники безопасности труда.

Мероприятия по борьбе с монотонностью включают:

- 1) рациональную организацию трудового процесса;
- 2) повышение заинтересованности работника рабочим заданием;

- 3) обеспечение наглядной результативности труда для работника;
- 4) привлечение машин для облегчения труда работников;
- 5) чередование трудовой деятельности;
- 6) возможность эстетического оформления рабочего места;
- 7) установление оптимальной продолжительности труда;
- 8) разработку системы материальных и моральных стимулов [19].

В соответствии с Р 2.2.2006-05. 2.2. на рабочем месте разработаны мероприятия по борьбе с монотонностью и включают в себя: рациональную организацию трудового процесса; чередование трудовой деятельности; привлечение машин для облегчения труда [20].

#### **4.2.6 Падение с высоты**

Гост 12.4.317-2019 устанавливает общие требования к проведению испытаний средств индивидуальной защиты от падения с высоты, предназначенных для эксплуатации в условиях пониженных или повышенных температур воздуха.

Системы индивидуальной защиты от падения с высоты должны защищать пользователя от падения, предотвращая или безопасно останавливая свободное падение. К ним относятся:

- удерживающие системы: системы позиционирования на рабочем месте;
- системы канатного доступа;
- страховочные системы;
- спасательные системы.

Система индивидуальной защиты от падения с высоты должна состоять из компонентов, которые могут быть нераздельно соединены друг с другом или являться отделяемыми частями системы.

Система индивидуальной защиты от падения с высоты должна включать в себя устройство для поддержания тела, которое присоединяется к надежной точке закрепления через соединительную систему, состоящую из одного или нескольких компонентов, обычно включаемых в систему в соответствии с

предполагаемым использованием (например, стропов, соединительных элементов, страховочных устройств, анкерных устройств) [26].

#### **4.2.7 Воздействие аварийно химически опасных веществ**

Работа аппаратчика-гидрометаллурга связана с таким веществом как цианид натрия. В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 по степени воздействия на организм данное вещество относится ко 2-му классу опасности (высокоопасные вещества) [23].

При работе с веществом работник должен использовать средства индивидуальной защиты:

- изолирующие дыхательные аппараты, противогазы фильтрующие с патроном марки «В» (при концентрации кислорода в воздухе от 19 до 23%),
- полнолицевые панорамные маски 3М с фильтрующими элементами 6059;
- костюм защитный легкий типа Л-1 для защиты кожных покровов. Также должна функционировать вентиляционная система. В производственном помещении данные мероприятия соблюдаются.

#### **4.2.8 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой технологического оборудования, способных вызвать ожоги тканей организма человека**

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, должна быть обеспечена защита работающих от возможного перегревания и охлаждения: системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование, помещения для отдыха и обогрева, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, регламентация времени работы и отдыха и т.п. В целях профилактики тепловых

травм температура наружных поверхностей технологического оборудования или ограждающих его устройств не должна превышать 45°С [25].

#### **4.2.9 Ударные волны воздушной среды**

Причинами разрушения или разгерметизации оборудования могут быть: внешние механические воздействия, старение систем; нарушение технологического режима; конструкторские ошибки; изменение состояния герметизируемой среды; ошибки обслуживающего персонала и т. д, все это может повлечь травмирование или смертельный исход.

Основным требованием к конструкции оборудования является надежность обеспечения безопасности возможности осмотра и ремонта. Специальные требования предъявляются к сварным швам. Они должны быть доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации, располагаться вне опор сосудов [24].

Условия труда по опасному фактору – ударные волны воздушной среды на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

### **4.3 Экологическая безопасность**

В процессе эксплуатации гидromеталлургического комбината происходит воздействие на окружающую среду, поэтому целесообразно рассмотреть возможные риски загрязнения природы.

#### **4.3.1 Воздействие на селитебную зону**

Золото извлекающая фабрика располагается на расстоянии 10 километров от города, вследствие чего существенного воздействия выхлопных газов на селитебную не оказывается.

### **4.3.2 Воздействие на литосферу**

Механические воздействия, приводящие к нарушению или полному уничтожению почвенного и растительного покрова, изменению рельефа поверхности, визуальных характеристик ландшафта.

Утилизация полиэтиленовой тары для реагентов осуществляется при помощи специализированного оборудования непосредственно на предприятии путем переплавки под давлением с образованием брикетов вторичного сырья и складировается.

Лампы, макулатура и вторичное полиэтиленовое сырье необходимо передать специализированным организациям. Согласно Постановлению Правительства РФ №2314, порядок утилизации люминесцентных ламп, следующий [21]:

1. Отходы собираются, складировются и хранятся в контейнере для утилизации люминесцентных ламп до момента переработки.
2. Светильник дробится прессом.
3. Сырье отправляется в камеру с высокой температурой.
4. Выделяемый газ попадает в вакуумную ловушку, где конденсируется и фильтруется.

### **4.3.3 Воздействие на гидросферу**

Пагубное воздействие на гидросферу отсутствует, поскольку цикл оборотной воды на предприятии замкнут. Обратная вода поступает на участок очистки оборотной воды, где отделяются примеси, а также, обратная вода проходит этап обезвреживания и используется повторно.

### **4.3.4 Воздействие на атмосферу**

Выбросы загрязняющих веществ при транспортировке отвального кека на склад связаны с применением дизельного оборудования. Помимо выбросов

двигателей транспортных средств, существенного воздействия на атмосферу не оказывается.

Использование высокоочищенного топлива является единственным решением по борьбе с выбросами в атмосферу.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

На гидromеталлургическом комбинате наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

Возможные ЧС, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта:

- Техногенные аварии:

1. Нарушение герметичности тары в процессе транспортировки от расходного склада до участка приготовления цианида;

2. Разгерметизация автоклава или емкостей участка автоклавного окисления.

3. Разгерметизация емкостей цианистого натрия, трубопроводов для транспортировки  $\text{NaCN}$ , запорной арматуры на трубопроводах;

4. Нарушение параметров технологического процесса.

- Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);

- Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);

Наиболее типичной ЧС для гидromеталлургического комбината является переливы открытых технологических резервуаров.

Разлив может произойти, если обслуживающий персонал не получает данные о ситуации в резервуарном парке. Это может случиться из-за скрытой неисправности компонентов учета в резервуаре. Сигнализатор аварийно высокого уровня может не сработать, если его техническому обслуживанию и тестированию не уделяется должное внимание.

Устройства учета обеспечивают базовый уровень контроля за технологическим процессом в резервуарном парке. Независимые индикаторы

предельного уровня или сигнализаторы уровня образуют следующий уровень защиты. Незамеченная неисправность на этих двух уровнях защиты может стать причиной крупной аварии.

В связи с этим системы измерения уровня в резервуаре и системы оповещения о предельном уровне должны отвечать требованиям надежности, указанным в стандартах функциональной безопасности.

В процессе трудовой деятельности работники гидromеталлургического комбината обязаны:

1. Соблюдать требования инструкций, эксплуатационных документов на применяемое оборудование, соблюдать указания и распоряжения непосредственного руководителя, которые не противоречат правилам охраны труда и пожарной безопасности;

2. Соблюдать правила поведения на территории организации, в производственных, вспомогательных и бытовых помещениях, режим труда и отдыха;

3. Проходить внеочередные медицинские осмотры, обучение, переподготовку, стажировку, повышение квалификации, проверку знаний по вопросам охраны труда и промышленной безопасности, а также один раз в год проходить проверку знаний по электробезопасности;

4. Ознакомиться под роспись с инструкциями по охране труда, технологическими картами безопасного производства работ, с распоряжением о допуске к самостоятельной работе и другими нормативными документами, содержащими требования охраны труда;

5. Выполнять требования охраны труда и пожарной безопасности, поддерживать противопожарный режим.

Для безопасного осуществления процесса необходимо придерживаться заданных технологических параметров. Ответственность за поддержание заданных технологических параметров и непосредственную работу автоклава и емкостей цианирования возлагается на аппаратчиков не менее 6-го разряда,

прошедших регулярный инструктаж по эксплуатации аппарата и техники безопасности.

Значения производственных факторов на гидрометаллургическом комбинате соответствует нормам, кроме повышенного уровня шума и вибраций. Для минимизации действия данных вредных факторов был составлен перечень мероприятий.

Категория тяжести труда в производственном помещении в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 относится к категории Па (средней тяжести, допустимые условия) [22].

Категория помещения по электробезопасности, согласно ПУЭ, соответствует 1 категории (помещение без повышенной опасности). Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности – категория Д (пониженная пожароопасность). Категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду – IV категория.

Данное производственное помещение относится к потенциально-опасным объектам экономики, так как используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа, получают расплавы и сплавы металлов, имеются токсические вещества.

Также в данном разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при проведении исследования, проанализированы возможные ЧС. Наиболее типичной ЧС является переливы открытых технологических резервуаров.

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

Основное финансовое преимущество золота заключается в том, что оно, как правило, является эффективным способом дополнительной защиты от экономической неопределенности и инфляции. Драгоценный металл долгое время показывал хорошие результаты и оставался стабильным, даже когда экономические условия были не самыми лучшими.

По своим металлическим свойствам золото является ценным из-за высокой ковкости и гибкости. Его трудно сломать, растянуть или разорвать. Кроме того, его ценность заключается в редкости и красоте.

ВКР посвящена совершенствованию системы управления промышленной безопасностью на предприятиях золотодобычи.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

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

### **5.1 Предпроектный анализ**

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть производители ювелирных изделий, закупка центральных банков, спрос на монеты и слитки, промышленность.

Для анализа потенциальных потребителей результатов проведенного исследования проанализирован целевой рынок и проведено его сегментирование. Результаты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Карта сегментирования рынка в области химической безопасности

	Область применения		
	Разработка химической безопасности	Химические испытания	Применение химически безопасных материалов
Производители ювелирных изделий	+		+
Закупка центральных банков	+	+	
Спрос на монеты и слитки	+		
Промышленность			+

Анализ сегментов рынка показывает, что исследования в области химической опасности золота могут проводиться любым предприятием, работа которых ориентирована на испытания и разработки в области химической безопасности.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Экспертная оценка основных технических характеристик данных продуктов представлена в таблице 11.

Для оценки конкурентных методов была выбрана шкала от 1 до 5, где:

- 1 – наиболее слабая позиция;
- 2 – ниже среднего, слабая позиция;
- 3 – средняя позиция;
- 4 – выше среднего, сильная позиция;
- 5 – наиболее сильная позиция;

Таблица 12 – оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Эффективность	0,19	4	3	5	0,76	0,57	0,95
2. Безопасность	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
3. Сложность производства	0,07	2	3	4	0,14	0,21	0,28
4. Сложность исходных материалов	0,06	2	4	3	0,12	0,24	0,18
5. Специальное оборудование для производства	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	3	4	5	0,18	0,24	0,3
2. Цена	0,14	2	5	4	0,28	0,7	0,56
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
4. Финансирование научной разработки	0,1	3	2	4	0,3	0,2	0,4
5. Наличие сертификации разработки	0,08	3	2	5	0,24	0,16	0,4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>34</b>	<b>41</b>	<b>2,92</b>	<b>3,42</b>	<b>4,22</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность вида;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Полученный коэффициент исследования равен  $K = 4,22$ , что говорит о том, что конкурентоспособность находится выше среднего.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап SWOT-анализа включает в себя описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Матрица SWOT представлена в таблице 1.

Таблица 13 – Первый этап SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Возможности во внешней среде</b>
С1. Экологичность технологии С2. Снижение химической опасности на АГМК С3. Улучшение систем автоматической вентиляции С4. Научная актуальность	В1. Появление спроса на новый продукт В2. Использование инновационной инфраструктуры.
<b>Слабые стороны</b>	<b>Угрозы внешней среды</b>
Сл1. Недостаточная оснащенность производственного помещения для проведения испытаний Сл2. Монтаж нового оборудования Сл3. Отсутствие бюджетного финансирования.	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У3. Изменение цен на оборудования вентиляционных систем

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

Интерактивная матрица представлена в таблицах 14 и 15.

Таблица 14 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

	<b>Сильные стороны</b>				<b>Слабые стороны</b>		
<b>Возможности</b>	<b>С1</b>	<b>С2</b>	<b>С3</b>	<b>С4</b>	<b>Сл1</b>	<b>Сл2</b>	<b>Сл3</b>
<b>В1</b>	+	+	+	+	-	+	0
<b>В2</b>	-	0	0	+	+	+	+

Таблица 15 - Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

	<b>Сильные стороны</b>				<b>Слабые стороны</b>		
<b>Угрозы</b>	<b>С1</b>	<b>С2</b>	<b>С3</b>	<b>С4</b>	<b>Сл1</b>	<b>Сл2</b>	<b>Сл3</b>
<b>У1</b>	+	+	+	+	+	+	-
<b>У2</b>	0	-	-	-	+	0	+
<b>У3</b>	+	+	-	+	-	-	-

Таким образом, в рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 16).

Таблица 16 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны:</b> С1. Экологичность технологии С2. Снижение химической опасности на АГМК С3. Улучшение систем автоматической вентиляции С4. Научная актуальность	<b>Слабые стороны:</b> Сл1. Недостаточная оснащенность производственного помещения для проведения испытаний Сл2. Монтаж нового оборудования Сл3. Отсутствие бюджетного финансирования.
<b>Возможности:</b> В1. Появление спроса на новый продукт В2. Использование инновационной инфраструктуры.	Снижение химической опасности, улучшение технических характеристик увеличит конкурентоспособность	Улучшения вентиляционных систем на АГМК повышает безопасность и конкурентоспособность
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У3. Изменение цен на оборудования вентиляционных систем	Снижение химической опасности, улучшение технических свойств АГМК.	В связи с несвоевременным финансированием, и увеличением цен на оборудование, работа может оказаться невостребованной

Согласно полученным результатам SWOT-анализа выявлено, что при получении дополнительного финансирования возможно устранить многие слабые стороны данного научного исследования.

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В ходе проведения работ по оценке эффективности действия было проведено 6 основных этапов, составляющих структуру исследования. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлено в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Календарное планирование работ по теме ВКР	Студент
	3	Поиск и изучение материалов по теме	Студент
	4	Выбор направления исследования	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	Студент
	6	Проведение исследования	Студент
	7	Согласование полученных данных с научным руководителем	Научный руководитель, студент
Практическое исследование	8	Подготовка образцов к исследованию	Студент
	9	Проведение эксперимента	Студент
	10	Обработка полученных результатов	Студент, научный руководитель
	11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
Оформление и оценка результатов	12	Работа над выводами по проекту	Студент
	13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, научный руководитель

По результатам табл. 17 можно сделать вывод, что основная структура научного исследования выполнена студентом.

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Для того, чтобы оценить ожидаемую трудоёмкость работ, необходимо воспользоваться формулой:

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

где:

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

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

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоёмкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{ож1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоёмкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{ож2} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоёмкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{ож3} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 6}{5} = 4,2 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоёмкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{ож4} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоёмкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{ож5} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 12}{5} = 9 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоёмкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{ож6} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 10}{5} = 7 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{ож7} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,2 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{ож8} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{ож9} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 12}{5} = 8,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{ож10} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 13}{5} = 10 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 11-й работы составило:

$$t_{ож11} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 11}{5} = 8,6 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 12-й работы составило:

$$t_{ож12} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 9}{5} = 6,6 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 13-й работы составило:

$$t_{ож13} = \frac{3 \cdot 11 + 2 \cdot 14}{5} = 12,2 \text{ чел.-дн.}$$

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

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

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

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{p1} = \frac{1,8}{1} = 2 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p2} = \frac{2,4}{1} = 2 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p3} = \frac{4,2}{1} = 4 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p4} = \frac{1,4}{1} = 1 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p5} = \frac{9}{1} = 9 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p6} = \frac{7}{1} = 7 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p7} = \frac{6,2}{1} = 6 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{p8} = \frac{1,8}{1} = 2 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{8,4}{1} = 8 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 10-й работы:

$$T_{p10} = \frac{10}{1} = 10 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 11-й работы:

$$T_{p11} = \frac{8,6}{1} = 9 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 12-й работы:

$$T_{p12} = \frac{6,6}{1} = 7 \text{ раб.дн.}$$

Продолжительность 13-й работы:

$$T_{p13} = \frac{12,2}{1} = 12 \text{ раб.дн.}$$

Таким образом, наиболее трудоемкими и продолжительными этапами работы ожидаются этапы 5, 9, 10, 11 и 13.

### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k \quad (4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} \quad (5)$$

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

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

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

Согласно производственному и налоговому календарю на 2022 год для 6-дневной рабочей недели, количество календарных 365 дней, количество выходных и праздничных дней – 118, таким образом, коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Таблица 18 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исп., $T_{\text{чi}}$	Длит-ть работ в раб. днях $T_{\text{pi}}$	Длит-ть работ в кал. днях $T_{\text{ki}}$
	$t_{\text{min}}$ ч-д	$t_{\text{max}}$ ч-д	$t_{\text{ожi}}$ ч-д			
Составление и утверждение технического задания	1	4	2	н.р	2	3
Календарное планирование работ по теме ВКР	1	3	1,8	с	2	3
Поиск и изучение материалов по теме	3	7	5	с	4	5
Выбор направления исследований	1	2	1,4	с	1	1
Проведение анализа литературы по теме ВКР	7	12	9	с	9	13
Проведение исследования	5	12	8,5	с	7	10
Согласование полученных данных с научным руководителем	5	8	6,2	с, н.р	6	9
Подготовка образцов к исследованию	1	3	1,8	с	2	3
Проведение эксперимента	6	12	8,4	с	8	12
Обработка полученных данных	8	13	10	с, н.р	10	14
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	7	11	8,6	с	9	13
Работа над выводами по проекту	5	9	6,6	с	7	10
Оценка эффективности полученных результатов	11	14	12,2	с, н.р	12	18

**Примечание:**

Н.р – научный руководитель; с – студент;

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (Таблица 19).

Таблица 19 – Календарный план-график по теме

№	Вид работы	Исп.	Т <sub>кi</sub>	Продолжительность работ												
				март			апрель			май			июнь			
				10	20	30	10	20	30	10	20	30	10			
1	Составление и утверждение технического задания	н.р	2	■												
2	Календарное планирование работ по теме ВКР	с	2		■											
3	Поиск и изучение материалов по теме	с	5		■											
4	Выбор направления исследований	с	1		■											
5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	с	11		■											
6	Проведение исследования	с	9			■										
7	Согласование полученных данных с научным руководителем	с, н.р	7				■									
8	Подготовка образцов к исследованию	с	2					■								
9	Проведение эксперимента	с	10						■							
10	Обработка полученных данных	с, н.р	12							■						
11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	с	11								■					
12	Работа над выводами по проекту	с	9									■				
13	Оценка эффективности полученных результатов	с, н.р	15											■		

■ – студент, ■ – научный руководитель

### 5.3 Бюджет научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям:

1. Материальные затраты;
2. Основная заработная плата;
3. Дополнительная заработная плата;

4. Отчисления на социальные нужды (во внебюджетные фонды);
5. Накладные расходы.

### 5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при исследовании. Результаты расчета затрат представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Ручка	шт.	4	30	120
Бумага офисная	лист	230	1	230
Канцелярские принадлежности	набор	2	150	300
Интернет	м/бит	4	350	1400
Картридж	шт.	1	650	650
Кислота серная техническая	т	5	7000	35000
Известь комовая	т	1	5000	5000
Цианид натрия	т	1,5	168000	252000
Гидроксид натрия	т	1	23900	23900
Кислота сульфаминовая	кг	250	330	82500
Уголь активированный	кг	150	230	34500
Итого:				435011

Итого на материальные затраты необходимо 435 011 руб.

### 5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает расчет оплаты труда научному руководителю и студенту.

Данная статья включает расчет оплаты труда научному руководителю и студенту.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (6)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (7)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

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

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (8)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

Расчет баланса рабочего времени представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (9)$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от  $Z_{TC}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{TC}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_T$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

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

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_T$	$Z_{TC}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	Д.т.н.	1,866	30000	0,3	0,3	1,3	62400	3261,10	30	97833,17
Студент	-	1,407	3100	-	-	1,3	6448	353,71	77	27235,67
<b>Итого</b>										<b>125068,84</b>

### 5.3.3 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (10)$$

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

$$Z_{допP} = 0,15 \cdot 97833,17 = 11739,98 \text{ руб.}$$

$$Z_{допC} = 0,15 \cdot 27235,67 = 3268,28 \text{ руб.}$$

### 5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

С вознаграждений работникам по трудовым договорам уплачиваются взносы во внебюджетные фонды. К ним относятся отчисления в ПФР, ФФОМС, ФСС.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (11)$$

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

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

$$З_{\text{внебП}} = 0,302 \cdot (97833,17 + 11739,98) = 33091,09 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{внебС}} = 0,302 \cdot (27235,67 + 3268,28) = 9212,19 \text{ руб.}$$

### 5.3.5 Накладные расходы

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (12)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равный 16%.

$$З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (97833,17 + 11739,98 + 27235,67 + 3268,28) = 22412,34 \text{ руб.}$$

### 5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат НИР является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на

разработку научно-технической продукции. Результаты расчета бюджета затрат НИИ приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты	435 011	Пункт 1.3.1
Основная заработная плата	125 068, 84	Пункт 1.3.2
Дополнительная заработная плата	15 008,26	Пункт 1.3.3
Отчисления во внебюджетные фонды	42 303,28	Пункт 1.3.4
Накладные расходы	22 412,34	Пункт 1.3.5
<b>Итого</b>	<b>639 803, 72</b>	

Итого, общий бюджет затрат составляет 639803,72 рублей. Основную его долю составили материальные затраты 435011 и основная заработная плата 125068,84 рублей. Наименьшую долю затрат составила дополнительная заработная плата 15008,26 рублей.

#### **5.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

В ходе работы была выполнена цель – проектирование и создание конкурентноспособной разработки, заключающиеся в анализе и оценке химического риска на гидрометаллургическом комбинате.

Потенциальные потребители результата исследования на территории города Амурск.

Был проведен анализ конкурентно технических решений, где получен коэффициент исследования конкурентных показателей, и он находится выше среднего

В структуре работы выделено 13 этапов, и при разработке графика проведения научного исследования определена длительность работ, которая составляет 96 календарных дней.

Рассчитан бюджет НИИ – 639 803, 72 руб.

## **Заключение**

В выпускной квалификационной работе был проведен анализ системы управления промышленной безопасностью и изучены правовые принципы регулирования. Рассмотрены требования обеспечения безопасности при аварийных ситуациях.

Был изучен перечень оборудования, которое входит в состав опасного производственного объекта, а также были рассмотрены сценарии возникновения и развития аварий. Одним из наиболее опасных сценариев возникновения аварий на данном предприятии является разгерметизация автоклава. Данный сценарий является самым неблагоприятным, поэтому было принято решение подробно рассмотреть данный объект, оценить возможные риски и разработать мероприятия.

Так как имеется вероятность разгерметизации автоклава, было принято решение внедрить компенсирующие мероприятия, в качестве которых служит система мониторинга и разработка стандарта организации.

Систем мониторинга определяет возможность дальнейшей безопасной эксплуатации автоклава на основании контроля технического состояния и прогноза ресурса.

Была оценена эффективность компенсирующих мероприятий. Внедрение системы мониторинга позволяет увеличить интервал между техническими осмотрами, так как одной из ее функций является выявление производственных дефектов на ранней стадии их развития. При изменении сроков периодических обследований отсутствует изменение вероятности возникновения аварий, как следствие данные компенсирующие мероприятия достаточны.

Были изучены методы оценки риска. В качестве оценки риска был выбран метод разработки дерева отказов и событий. Дерево достоверно и полно описывает рассматриваемый объект. При построении данного «дерева отказов» учитывались три группы факторов: физический износ, внешние воздействия, ошибки персонала.

## Список использованных источников

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов";
2. Система управления промышленной безопасностью (СУБП)/Разработка. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ruspromexpert.ru/uslugi/supb/>;
3. ООО «Атлант-Металл»: официальный сайт. – URL: <http://www.atlantmetall.ru/metalloblog/metalloblog/hydrometallurgy/>;
4. Инструкция по эксплуатации оборудования ОВ и ГП ГМЦ АГМК;
5. ООО «Полиметалл»: официальный сайт. – URL: <https://www.polymetalinternational.com/ru/about/at-a-glance/>;
6. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
7. ГОСТ 8464-79 Натрий цианистый технический;
8. ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности;
9. ГОСТ Р 59943-2021 Дороги автомобильные общего пользования. Системы мониторинга мостовых сооружений. Правила проектирования;
10. ГОСТ Р 56275-2014 Менеджмент рисков. Руководство по надлежащей практике менеджмента рисков проектов;
11. РД-09-251-98 "Положение о порядке разработки и содержании раздела "Безопасная эксплуатация производств" технологического регламента (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.12.1998 N 77) (ред. от 21.11.2002);
12. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022);
13. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания;

14. СП 2.4.3648-20 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах;
15. ГОСТ ИСО 2954-97 Вибрация машин с возвратно-поступательным и вращательным движением;
16. "СН 2.2.4/2.1.8.566-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы" (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 N 40);
17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;
18. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 30.12.2021) "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера";
19. Прусова Н.В. Психология труда: учебное пособие / Прусова Н.В., Боронова Г.Х.. — Саратов: Научная книга, 2019. — 159 с. — ISBN 978-5-9758-1773-0. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/81046.html> (дата обращения: 29.04.2022);
20. Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда;
21. Постановление правительства РФ от 28.12.2020 г. Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде;

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

23. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности;

24. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования;

25. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

26. Гост 12.4.317-2019 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты.

# Приложение А

