

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
Разработка мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газобаллонного оборудования

УДК 614.8:621.642.17-049.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Зайцева Екатерина Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

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
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
ДОПК(У)-1	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
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
1E81	Зайцевой Екатерине Александровне

Тема работы:

Разработка мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газобаллонного оборудования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.01.2022 №12-30/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: баллонное оборудование. Область применения: электрогазосварочные работы; Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: сварочные работы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Изучить характеристику газобаллонного оборудования; Провести анализ ЧС с участием газобаллонного оборудования; Проанализировать основные причины реализации аварийных ситуаций с баллонным оборудованием при проведении газосварочных работ; Смоделировать типовые сценарии развития ЧС и оценить возможные зоны поражения для сценария с наибольшим ущербом;

	Разработать мероприятия по снижению вероятности реализации аварийных ситуаций.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е81	Зайцева Екатерина Александровна		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)
05.02.2022 г.	Обзор технических требований и требований безопасности к эксплуатации газобаллонных оборудования.	20
10.03.2022 г.	Анализ ЧС с участием газобаллонного оборудования.	10
20.03.2022 г.	Анализ основных причин реализаций аварийных ситуаций с баллонным оборудованием при проведении газосварочных работ.	15
25.04.2022 г.	Моделирование типовых сценариев развития ЧС и оценка возможных зон поражения для сценария с наибольшим ущербом.	15
18.05.2022 г.	Разработка мероприятий по снижению вероятности реализации аварийных ситуаций.	10
25.05.2022 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2022 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
1E81	Зайцевой Екатерине Александровне

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 30000 руб. Оклад студента – 6000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премимальный коэффициент руководителя 30%; Премимальный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

Перечень графического материала:

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	4.03.2022
---	-----------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Зайцева Екатерина Александровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1E81		Зайцевой Екатерине Александровне	
Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Разработка мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газобаллонного оборудования	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p><i>Объект исследования:</i> баллоны с пропаном <i>Область применения:</i> электрогазосварочные работы <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение <i>Размеры помещения:</i> 3*5 м. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> оборудование для газопламенной обработки металлов, электросварочное оборудование, ручной слесарный инструмент. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> сварочные работы, кислородная резка</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации	<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; Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации приказ от 11 декабря 2020 года N 884н об утверждении «Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ»; ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы; ТК РФ Статья 366. Федеральный государственный надзор в области промышленной безопасности.</p>
2. Производственная безопасность при эксплуатации:	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека; 2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, применение неисправного электро-или ручного инструмента оборудования; 3. Движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы); подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; 4. Ударные волны воздушной среды; 5. Ожоги роговицы глаз при сварке; 6. Опасность поражения током из-за короткого замыкания;

	<p>7. При разгерметизации оборудования, работающего под избыточным давлением, возможно образование взрывоопасных горючих смесей, поражение осколками.</p> <p>8. Вредные вещества, выделяющиеся при эксплуатации баллонов и во время сварки.</p> <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень общей вибрации; 2. Повышенный уровень локальной вибрации; 3. Повышенный уровень шума; 4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 5. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; 6. Монотонность труда; 7. Длительное сосредоточенное наблюдение; <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Глушители, изолирующие, поглощающие устройства; 2. Приточно-вытяжная вентиляция; 3. Изолирующие дыхательные аппараты; 4. Знаки безопасности; 5. Ограждающие устройства; 6. Костюмы защитные; 7. Респираторы, сварочные маски; 8. Защитные очки
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: СЗЗ не требуется</p> <p>Воздействие на литосферу: утилизация люминесцентных ламп, макулатуры полиэтиленовой тары для реагентов; твердые металлические отходы, изношенных средств коллективной и индивидуальной защиты</p> <p>Воздействие на гидросферу: поступления загрязняющих веществ со сточными водами;</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы пропана при эксплуатации баллонов из вентиляционных систем.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС: Техногенные аварии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нарушение герметичности баллонов при транспортировке; 2. Взрыва баллонов при неправильной эксплуатации; 3. Пожар в случае взрыва; 4. Обвал производственного здания; <p>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p>Наиболее типичная ЧС: Пожар в результате взрыва баллона.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Зайцева Екатерина Александровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Разработка мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газобаллонного оборудования» состоит из текстового документа на 97 страниц, 12 рисунков, 25 таблиц, 38 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: газобаллонное оборудование, взрыв, сварка, чрезвычайные ситуации, мероприятия.

Объектом исследования является: газобаллонное оборудование.

Цель работы – разработка мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газобаллонного оборудования.

В процессе исследования проводились: изучение характеристики газобаллонного оборудования; анализ чрезвычайных ситуаций с участием газобаллонного оборудования; анализ основных причины реализации аварийных ситуаций с баллонным оборудованием при проведении газосварочных работ; моделирование типовых сценариев развития чрезвычайных ситуаций и оценка возможных зон поражения для наиболее ущербного сценария; разработка мероприятий по снижению вероятности реализации аварийных ситуаций.

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

Область применения: результаты могут быть использованы при эксплуатации газобаллонного оборудования.

В будущем планируется продолжить исследования при обучении в магистратуре.

Список сокращений

ГБО – газобаллонное оборудование;

НИ – научное исследование;

НР – научный руководитель;

НТД – нормативно-техническая документация;

НТИ – научно-техническое исследование;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

СИЗ – средство индивидуальной защиты;

СУГ – сжиженные углеводородные газы;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1 Общая характеристика ГБО.....	14
1.2 Анализ видов ЧС с участием ГБО.....	19
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	23
2.1 Объект исследования.....	23
2.2 Методы оценки рисков.....	25
3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	26
3.1 Анализ причин реализации аварийных ситуаций с баллонным оборудованием при проведении газосварочных работ.....	26
3.2 Моделирование типовых сценариев развития ЧС.....	30
4 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	32
4.1 Разработка рекомендаций по снижению вероятности реализации аварийных ситуаций.....	32
4.2 Расчет параметров ударной волны при взрыве баллона с пропаном.....	43
4.3 Зона поражения тепловым излучением при горении огненного шара.....	45
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	48
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	49
5.2 Анализ конкурентных технических решений.....	49
5.3 SWOT-анализ.....	50
5.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	54
5.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	63
5.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	68

Вывод по разделу	70
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	72
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	73
6.2 Производственная безопасность.....	74
6.3 Экологическая безопасность.....	83
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	84
Вывод по разделу	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ А	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ В	96

ВВЕДЕНИЕ

В России на данный момент разрабатывается и строится огромное число промышленных объектов повышенной опасности, которые включают в себя эксплуатацию оборудования под давлением. Хотя процессы и технологии в производстве совершенствуются, положение промышленной безопасности не улучшается. Например, количество аварий, связанных с эксплуатацией газобаллонного оборудования (ГБО), не уменьшается. Выделяют несколько основных причин аварийных ситуаций: грубые нарушения требований безопасности; некачественное обслуживание, диагностика, экспертиза и проверка безопасности оборудования.

Цель данной работы: разработка мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газобаллонного оборудования.

Задачи:

1. Изучить характеристики ГБО и провести анализ аварийных ситуаций с его участием;
2. Проанализировать основные причины реализации аварийных ситуаций с газобаллонным оборудованием;
3. Смоделировать типовые сценарии развития ЧС и оценить возможные зоны поражения для сценария с наибольшим ущербом;
4. Разработать мероприятия по снижению вероятности реализации аварийных ситуаций.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Общая характеристика ГБО

ГБО имеет широкий перечень сфер применения. Без него трудно представить современное коммунальное хозяйство и производство.

Различают следующие виды ГБО для промышленных предприятий: редукторы, баллоны, горелки, газгольдеры, регуляторы давления, установки биогазового типа.

В данной работе более детально рассмотрен вид газобаллонного оборудования – баллоны.

Газовый баллон — сосуд цилиндрической формы заполняется газом и находится под давлением. В верхней части располагается запорный вентиль [1].

В комплектацию входят (рис. 1): 1 - вентиль; 2 - предохранительный колпак - металлическое или пластиковое приспособление для защиты вентиля при перевозке и эксплуатации; 3 - табличка паспорта баллона; 4 - корпус, состоящий из сварной обшивки, верхней и нижней части днища; 5 - днище; 6 - опорный башмак - металлическая опора, которая поддерживает устойчивость в вертикальном положении; 7 - кольцо горловины - металлическая деталь с резьбой, на которую навинчивается колпак; 8 - верхняя сфера [2].

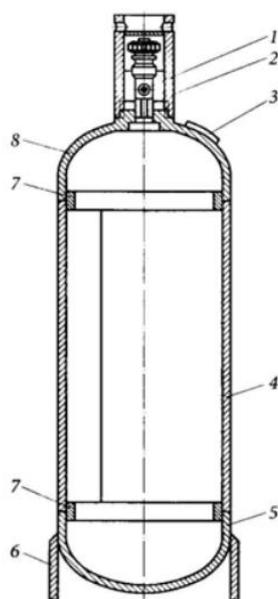


Рисунок 1 – Принципиальная схема баллона

В России в эксплуатации находятся более 40 миллионов баллонов с газом, их изготавливают на 25 заводах. Распространёнными объемами являются модели 27 литров и 50 литров. Эти варианты составляют около 85 % от их общего числа [3].

Баллоны предназначены для разных видов газа: азота, гелия, пропана, кислорода, бутана, аргона, ацетилена, метана, углекислого газа и т.д.

Азот используют при сварке металла, а жидкий азот используют в холодильных установках. Для хранения азота используют стальные баллоны.

Гелием режут и плавят металл. Этот газ хранят в стальных баллонах среднего и малого размера.

Пропан используют в сварочных работах, в процессе производства растворителей, а хранят его в баллонах из углеродистой стали.

Баллоны с кислородом нужны для сварочных аппаратов, для производства кислоты, взрывчатых веществ и приготовления кислородных коктейлей. Их делают из лёгкой стали, например, алюминия.

Бутан обычно находится в кондиционерах и холодильниках, где его используют в качестве хладагента, а ещё заправляют в зажигалки. Баллоны делают из углеродистой стали.

Аргон нужен в металлургической и металлообрабатывающей промышленности, для наркоза в учреждениях здравоохранения и для очищения воздуха, его хранят в стальных баллонах.

Ацетилен нужен для газовой сварки, резки металла и как источник света в автономных светильниках. Хранят его в баллонах из плотной стали.

Сжиженный природный газ метан используют для производства удобрений, а чаще всего стальной баллон с метаном размещают дома — этот газ используют как топливо.

Углекислым газом накачивают огнетушители, с его помощью производят газированные напитки, также этот газ используют, как хладагент в жидком и твёрдом виде. Его хранят в баллонах из лёгкой стали [4].

1.1.1 Виды газовых баллонов

- Классификация по материалу корпуса

Металлические газовые баллоны

Металлические баллоны - самые распространённые баллоны для хранения газа. Масса баллона без газа в зависимости от объема составляет 4-22 кг. Его корпуса изготовлены из стали (малоуглеродистой или легированной). Выпускаются ёмкости объёмом 5, 10, 12, 20, 27, 40 или 50 литров.

50-ти литровые сосуды должны храниться только на открытом воздухе в специальном металлическом шкафу с соответствующей маркировкой. Баллоны меньшего объема можно хранить в помещении.

Композитные газовые баллоны

Композитные баллоны меньше по весу по сравнению с металлическими (до 8 кг).

Преимущества:

- Ударопрочность и взрывобезопасность повышена (даже при воздействии открытого пламени);
- Конструкция, которая исключает утечку газа;
- Исключено появление коррозии на поверхности.

Бесперебойная работа данного баллона возможна при температуре окружающей среды от -45 до + 55 °С.

Газовые картриджи

Для переносной газовой горелки, лампы, плиты и др. изготавливаются компактные одноразовые картриджи с объемом 100 до 450 г.

Материал корпуса — сталь, которая покрывается оловом [5].

- Классификация по назначению

Условно газовые баллоны делятся на:

- Бытовые;
- Туристические;

- Автомобильные;
- Медицинские;
- Промышленные;
- Универсальные [5].

– Классификация по составу смеси

Баллон может быть заполнен:

- Пропаном;
- Бутаном;
- Ацетиленом;
- Водородом;
- Азотом;
- Аргоном;
- Гелием;
- Сжатым воздухом;
- Кислородом и т. д.

Техническое их название - СУГ [5].

– Классификация по способу подключения

Подключение может быть:

- Цанговое;
- Резьбовое;
- Клапанное;
- Прокольное [5].

1.1.2 Маркировка и окраска

При изготовлении баллонов нужны документы по их качеству:

- Товарное имя и название производителя;
- Сорт продукции, марку и название;
- Номер выпуска;

- Дата производства;
- Объем газа в кг и м³.

При использовании баллона на корпусе должны быть нанесены и отчетливо видны данные:

- Товарный знак производителя;
- Дата изготовления;
- Клеймо ОТК завода-изготовителя;
- Номер баллона;
- Рабочее давление;
- Масса нетто;
- Объем;
- Дата проведения последнего контроля;
- Клеймо испытательного пункта;
- Пробное давление;
- Год проведения следующего осмотра.

Наружная поверхность баллонов должна быть окрашена согласно таблице 1 [6].

Таблица 1 – Соответствие окраски баллонов и их содержания

Наименование	Окраска	Текст	Цвет	Цвет полосы
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аргон чистый	Серая	Аргон чистый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	-
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый	Черный
Гелий	Коричневая	Гелий	Белый	Коричневый
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	Черный
Все другие горючие газы	Красная	Наименование газа	Белый	-

1.1.3 Требования нормативной документации к эксплуатации ГБО

Проектирование, устройство, производство, реконструкция, наладка, ремонт, диагностика и эксплуатация сосудов, работающих под избыточным давлением, осуществляются по Правилам, утвержденным Госгортехнадзором России [7].

Правила действуют на:

- Сосуд, работающий под давлением воды с температурой выше 115 °С или другими нетоксичными, невзрывопожароопасными жидкостями при температуре выше температуры кипения при давлении 0,07 МПа, не учитывая гидростатическое давление.
- Сосуд, работающий под давлением пара, газа или токсичной взрывопожароопасной жидкости свыше 0,07 Мпа.
- Баллоны, которые предназначены для транспортировки и хранения сжатого, сжиженного и растворенного газа под давлением свыше 0,07 Мпа.
- Цистерны и бочки для транспортировки и хранения сжатых и сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает давление 0,07 МПа.
- Цистерны и сосуды для транспортировки или хранения сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых давление выше 0,07 МПа создается периодически для их опорожнения.
- Барокамеры [2].

1.2 Анализ видов ЧС с участием ГБО

Так как ГБО используется повсеместно, то аварийные ситуации с участием ГБО достаточно распространены. На рисунке 2 и 3 представлена динамика аварийности и травматизма при эксплуатации газобаллонного оборудования. Из представленных данных можно видеть, что за рассматриваемый отрезок времени на объектах произошло 15 аварий со смертельным исходом и 23 аварии с более легкими последствиями [8].

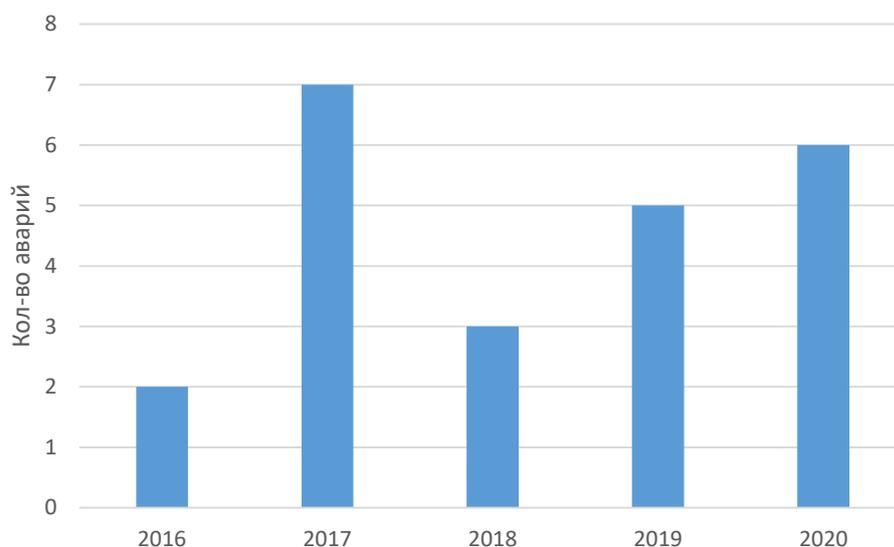


Рисунок 2 – Динамика аварийности при эксплуатации ГБО

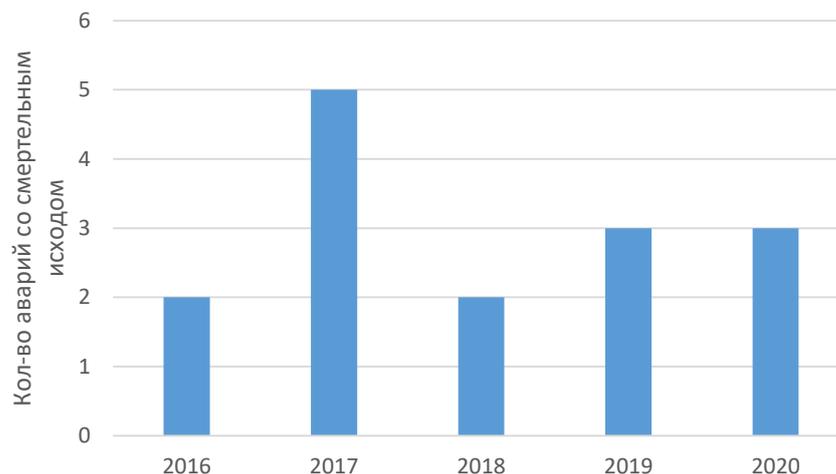


Рисунок 3 – Динамика аварийности со смертельным исходом при эксплуатации ГБО

За пятилетний период 38 человек получили травмы различной степени тяжести:

- 21- это рабочие, обслуживающие технические устройства;
- 5- это персонал, который осуществляет безопасную эксплуатацию технических устройств;
- 3 - это сотрудники организаций, в которых произошел несчастный случай, не связанный с эксплуатацией ГБО;
- 6 - это работники, не числящиеся в организации.

Аварии, которые происходят при эксплуатации ГБО, бывают различными. Самые распространённые аварийные ситуации за 2017 и 2018 гг. приведены на рисунке 4, 5 [9].

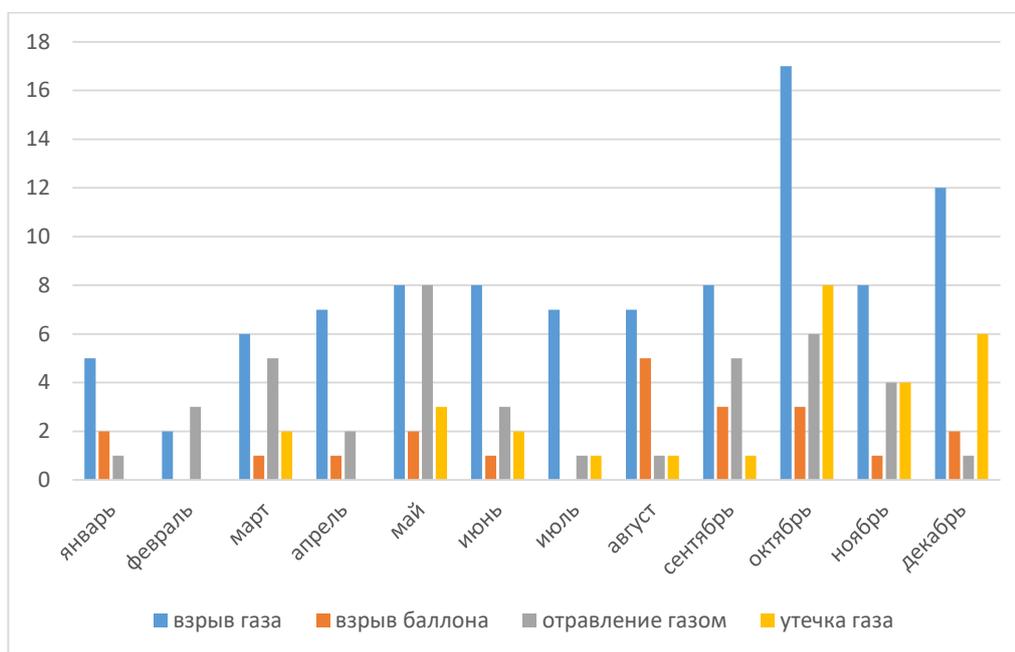


Рисунок 4 – Распределение ЧС, связанных с эксплуатацией баллонов в 2017 г., по месяцам года

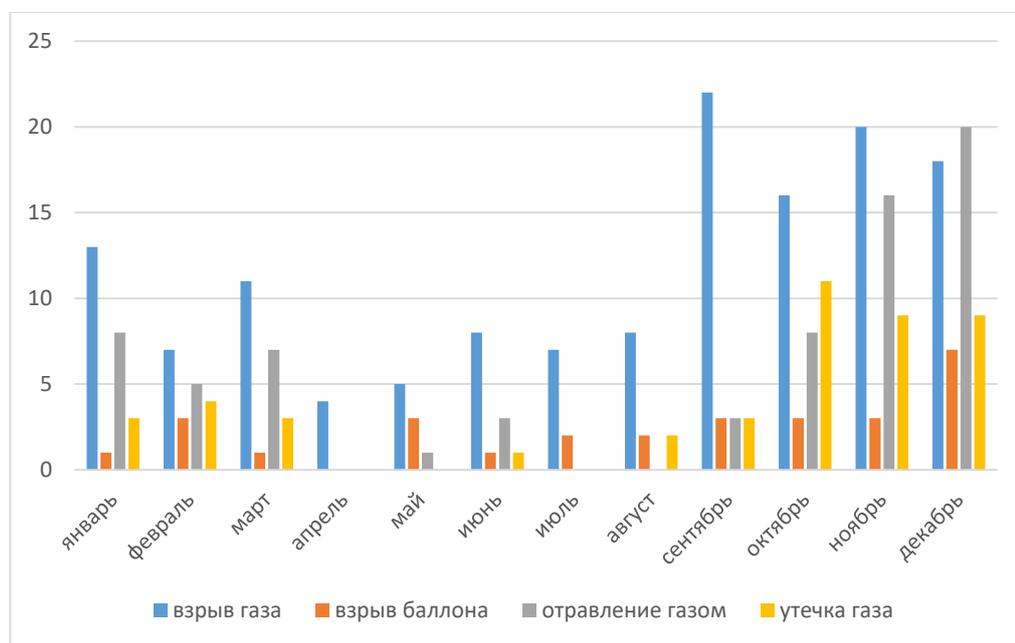


Рисунок 5 – Распределение ЧС, связанные с эксплуатацией баллонов в 2018 г. по месяцам года

В таблице 2 представлены конкретные аварии с участием ГБО, которые в частых случаях приводили к травмам людей и разрушению зданий [9, 10].

Таблица 2 – Аварии с участием ГБО и их последствия

Дата	Аварии	Последствия аварии
24.11.2020	В Югре на территории «СургутНефтеПромхиме» взорвалась емкость с соляной кислотой.	Разрушение гаражного бокса, рабочий с тяжелыми травмами.
10.07.2020	На территории производственного предприятия города Владивостока, при проведении сварочных работ произошел взрыв газового баллона.	Обрушение кровли цеха, 3 работников пострадали.
02.07.2020	В Прокопьевске на одном из местных предприятий. на газовом баллоне взорвался манометр.	2 работника пострадали.
17.12.2018	В ходе пожара сдетонировал 50-литровый газовый баллон, после чего огонь охватил всё строение.	Полностью разрушен дом в Котласе, человек с тяжелым отравлением дыма.
17.12.2018	Взрыв баллона в цеху предприятия в подмосковном Дзержинском.	Обвал крыши, 3 человека погибли, травмы получили 11 человек.

В большинстве случаев причиной аварии становилось короткое замыкание, пожар, которые привели к детонации баллонов, дефекту баллонов.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

В данной работе будет рассмотрено место газоэлектросварщика, поскольку именно в этой профессии чаще всего используют газовые баллоны.

Газоэлектросварщик должен обладать навыками, соответствующими основным видам профессиональной деятельности. Он должен заниматься:

- подготовкой газовых баллонов;
 - выполнением газовой сварки средней сложности и сложных узлов, деталей и трубопроводов из углеродистых и конструкционных сталей и простых деталей из цветных металлов и сплавов;
 - выполнением дуговой и плазменной сварки средней сложности и сложных деталей аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из конструкционных и углеродистых сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов;
 - выполнением автоматической и механизированной сварки с использованием плазмотрона средней сложности и сложных аппаратов, узлов, деталей, конструкций и трубопроводов из углеродистых и конструкционных сталей;
 - выполнением кислородной, воздушно – плазменной резки металлов прямолинейной и сложной конфигурации;
 - чтением чертежей средней сложности и сложных сварных металлоконструкций;
 - обеспечением безопасности выполнения сварочных работ на рабочем месте в соответствии с санитарно – техническими требованиями и требованиями охраны труда;
 - наплавкой дефектов деталей и узлов машин, механизмов, конструкций и отливок под механическую обработку и пробное давление;
 - дефектацией сварных швов и контроль качества сварных соединений
- [11].

Одним из самых распространенных способов соединения деталей из металлов и сплавов является газовая сварка [12].

2.1.1 Сущность газовой сварки

Газовая сварка позволяет соединить две детали или листы металла путем образования сварочной ванны (металл свариваемого шва, который находится в жидком состоянии). Для этого в области шва создается высокотемпературная область благодаря тому, что определенный газ горит с заданной скоростью [13].

Использование смеси кислорода и одного из горючих газов помогает создать необходимую температуру горения. Смесь одновременно подается в газовый смеситель от отдельного источника. После смесителей их искусственно поджигают. Технология газовой сварки позволяет регулировать объем каждого компонента.

2.1.2 Оборудование и материалы

Газосварочное оборудование состоит из:

- газового генератора (оборудование для выработки электрической энергии. Генерация электричества осуществляется за счёт сгорания газа);
- баллона с газом;
- газового редуктора (предназначен для регулирования давления газа, поступающего из баллона, и автоматического поддержания постоянным заданного рабочего давления);
- комплекта предохранительных клапанов (помогают повысить безопасность применения ГБО);
- специальных газовых шлангов для подачи газа;
- газовой горелки (смешивает газы и выпускает смесь, плавящую металлы);
- различных видов припоев и флюсов.

В перечень оборудования и аппаратуры для газовой сварки входят, также сварочный стол, приспособления для сборки и закрепления свариваемых деталей, комплект инструментов для сварщика, средства индивидуальной защиты [14].

2.2 Методы оценки рисков

Оценка риска является необходимым элементом на производственных объектах.

Существуют методы оценки риска, такие как:

1. Метод экспертных оценок. Это комплекс логико-математических процедур, направленных на получение экспертного вывода по определенному кругу вопросов.

Достоинства: возможность применять опыт и интуицию профессионала для принятия решений.

Недостатки: субъективный характер оценок, а также трудность в привлечении независимых специалистов;

2. Контрольные списки источников рисков. Данный метод использует данные прошлого.

Достоинства: анализ ошибок прошлого с последующим принятием правильных решений.

Недостатки: используется, как дополнение к другим методам;

3. Метод аналогий. В этом методе анализируются все имеющиеся данные с целью расчета вероятностей возникновения потерь. Наибольшее применение метод аналогий находит при оценке риска часто повторяющихся проектов. Используется данный метод в случае, когда другие методы оценки риска недопустимы [15].

Метод экспертных оценок оптимален для анализа риска. Преимуществом данного метода является возможность его применения к ситуациям, по которым отсутствуют статистические данные.

3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Анализ причин реализации аварийных ситуаций с баллонным оборудованием при проведении газосварочных работ

На рисунке 6 представлен анализ основных причин аварий и несчастных случаев при эксплуатации ГБО [8].



Рисунок 6 – Анализ основных причин аварий и несчастных случаев при эксплуатации ГБО, произошедших в период 2016-2020 гг.

Из представленной диаграммы видно, что больше половины аварий и несчастных случаев произошли из-за низкого качества проведения обслуживания, диагностики, освидетельствования и экспертизы безопасности оборудования.

Анализируя статистические данные, были выявлены типичные аварии, которые могут возникнуть при проведении газосварочных работ, а именно: взрыв баллона, воспламенение газа, с последующим образованием «огненного шара», а также утечка газа [8,9].

Для того, чтобы оценить возможные аварийные ситуации на рабочем месте газосварщика необходимо учитывать все факторы,

способствующие возникновению опасных ситуаций. Рассмотрим дополнительное оборудование, используемое на рабочем месте:

Угловая шлифмашина. Предназначена для резки и зачистки металлических изделий. Опасности: возможность поражения электрическим током, искры, которые могут привести к ожогам человека и стать источниками пожара.

Станок точильно-сверлильный. Используются для обработки единичных отверстий или отверстий, расположенных группами, на заготовках со значительными габаритами и массой. Опасности: попадание на открытые участки тела и на поверхность баллона нагретых стружек металла.

Выпрямитель сварочный. Используется для выполнения дуговой сварки с использованием электродов любого типа. Ими можно сваривать в условиях защитных газов. Используется для питания сварочной дуги постоянным током при ручной дуговой сварке, резке металлов, от сети переменного тока. Опасности: возможность поражения электрическим током.

Плазморез. Применяются для выполнения качественной резки углеродистых, легированных и высоколегированных сталей, сплавов алюминия, титана, меди и т. д. Плазменная резка металла выполняется высокотемпературным (до 25000°C) плазменным потоком, расплавляющим металл и выдувающим его из зоны реза воздухом или инертным газом. Опасности: попадание искр на открытые участки кожи, ионизирующее излучение [16].

Таким образом, было показано, что причинами типичных аварийных ситуаций (взрыва баллона, воспламенение газа, утечка газа), как правило, являются технические причины.

На основании собранных данных было построено «Дерево причин» (рисунок 7, 8, 9).



Рисунок 7 – «Дерево причин» взрыва баллона

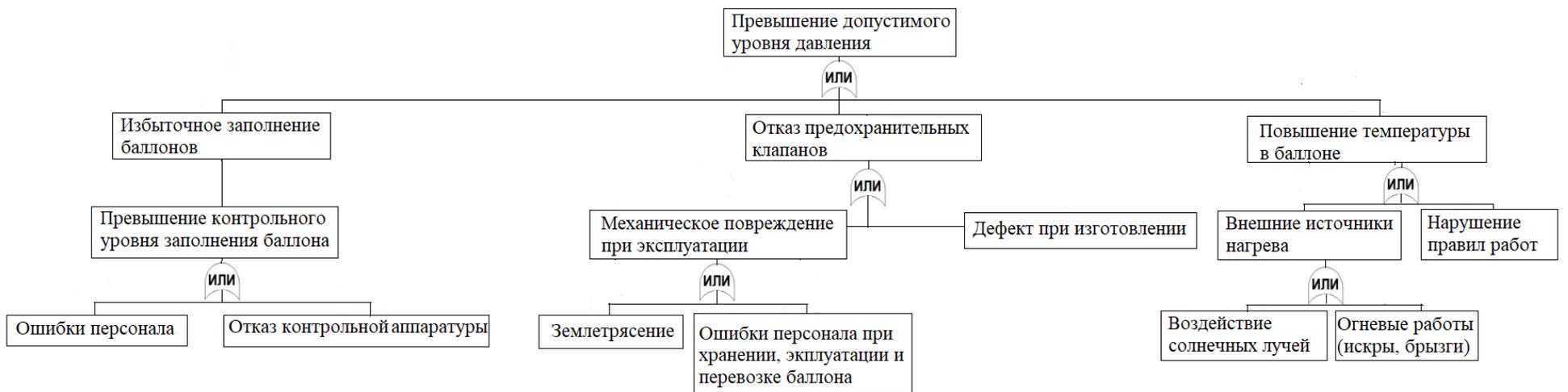


Рисунок 8 – «Дерево причин» превышения допустимого уровня давления

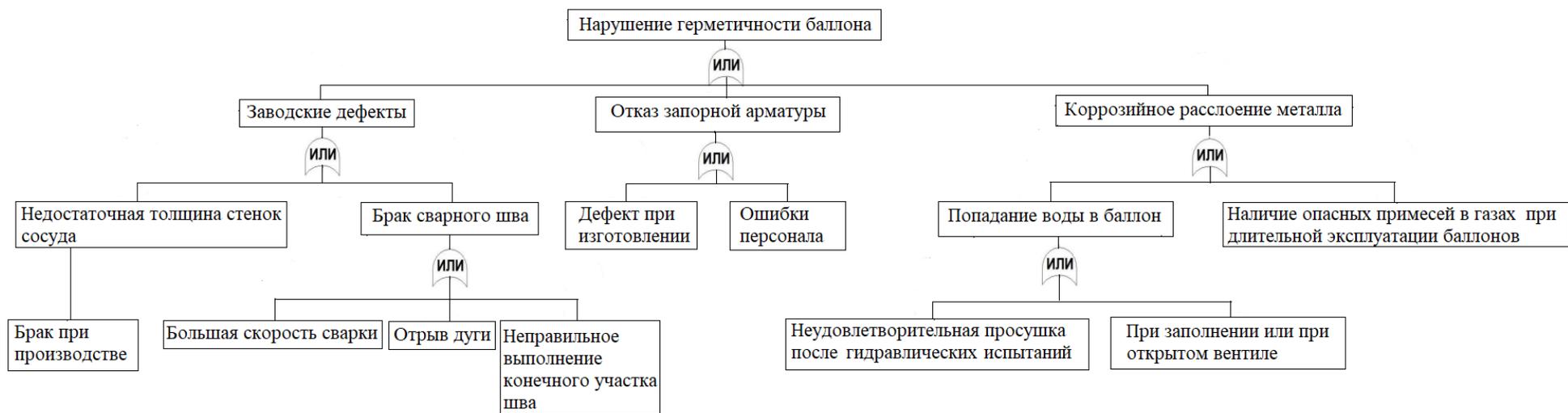


Рисунок 9 – «Дерево причин» нарушения герметичности баллона

Причинами аварий могут быть: превышение допустимого уровня давления в баллоне и нарушение герметичности. Одной из частых причин, которое может привести к аварийной ситуации, является не соблюдение правил эксплуатации ГБО, а также несвоевременная проверка и контроль оборудования [17].

3.2 Моделирование типовых сценариев развития ЧС

Анализ опасных факторов показал, что при выполнении газосварочных работ могут возникнуть следующие опасные ситуации:

- Взрыв баллона может привести к образованию избыточного давления, которое приведет к травмам людей и разрушению конструкций зданий. От взрыва происходит разрушение окон и раскрытие дверей, что способствует беспрепятственному распространению пламени, а фронт пламени приводит к воспламенению легкогорючих предметов, образуя вторичные очаги пожара.
- Воспламенение газа способствует образованию огненного шара, который в свою очередь приводит к ожогам персонала и пожарам.
- Утечка газа может привести к отравлению и удушью персонала, а также к взрыву. От взрыва происходят разрушения конструкций зданий, что в свою очередь повлечет гибель людей.

Поскольку сварочное оборудование включает баллоны с газом под давлением, аварии с ГБО могут иметь летальный характер для персонала.

Например, утечка газа может произойти из-за плохо закрытого вентиля или из-за того, что баллон переместили с мороза в теплое помещение (резкая смена температуры вызовет расширение газа).

Сценарий со взрывом газа является сценарием с наибольшим ущербом, поэтому рассмотрим такую ситуацию более детально. Сценарий представлен в виде «Дерева событий» (рисунок 10).



Рисунок 10 – «Дерево событий» взрыва баллона с газом

«Дерево событий» служит для определения и анализа последовательности развития аварии. После взрыва баллона произойдет воспламенение, которое в свою очередь приведет к разрушению конструкций зданий, возгоранию объектов и травмированию людей.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

4.1 Разработка рекомендаций по снижению вероятности реализации аварийных ситуаций

Оценка вероятности реализации факторов, которая может послужить причиной ЧС, проводилась экспертным методом. Следующая часть работы состояла из:

- Создания опросного листа;
- Опроса экспертов;
- Анализа полученных данных.

Опросный лист представлен в Приложении А.

В качестве экспертов была выбрана группа, куда вошли 10 работников предприятия, имеющие большой опыт в эксплуатации газобаллонного оборудования.

Экспертам было необходимо определить вероятность взрыва баллона с газом по 5-бальной шкале:

- 1 балл – очень низкая (вероятность наступления от 1 до 20%);
- 2 балла – низкая (вероятность наступления от 21 до 40%);
- 3 балла – средняя (вероятность наступления от 41 до 60%);
- 4 балла – высокая (вероятность наступления от 61 до 80%);
- 5 баллов – очень высокая (вероятность наступления свыше 80%).

Результаты опросного листа представлены в Приложении Б.

С помощью программного пакета STATISTIKA производился статистический анализ. Был рассчитан коэффициент конкордации Кендалла и проведен тест Фридмана (таблица 3).

Полученный коэффициент находится в пределах от 0 до 1 и показывает степень согласованности мнений экспертов. Чем больше коэффициент, тем более согласованно мнение экспертов.

Таблица 3 – Результаты вычисления коэффициента конкордации Кендалла и тест Фридмана

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1)				
ANOVA Chi Sqr. (N = 10, df = 11) = 47,21565 p = 0,00000				
Coeff. of Concordance = 0,52923 Aver. rank r = 0,36581				
Событие	Average Rank	Sum of Ranks	Mean	Std. Dev
1	4,00000	40,0000	1,400000	0,699206
2	5,55000	55,5000	1,900000	0,994429
3	9,15000	91,5000	2,900000	0,737865
4	4,70000	47,0000	1,600000	0,699206
5	6,65000	66,5000	2,200000	0,632456
6	10,95000	109,5000	3,600000	0,699206
7	5,40000	54,0000	1,800000	0,918937
8	6,95000	69,5000	2,300000	1,059350
9	8,15000	81,5000	2,600000	1,173788
10	3,85000	38,5000	1,400000	0,699206
11	4,70000	47,0000	1,600000	0,966092
12	7,95000	79,5000	2,600000	1,173788

В результате расчета коэффициент конкордации составил 0,5, значит, степень согласованности мнений и степень надежности полученных оценок высокая.

С помощью значений средних рангов возможно расположить события на шкале относительно друг друга. Событие, у которого наименьший ранг является наименее вероятным:

$$1,4 < 1,6 < 1,8 < 1,9 < 2,2 < 2,6 < 2,9 < 3,6$$

$$\Rightarrow 1=10, 4=11, 7, 2, 5=8, 9=12, 3, 6.$$

Событие с большей вероятностью реализации является событие 6, наименее вероятными событиями: 1, 10.

Результаты проведенного анализа представлены на рисунке 11.

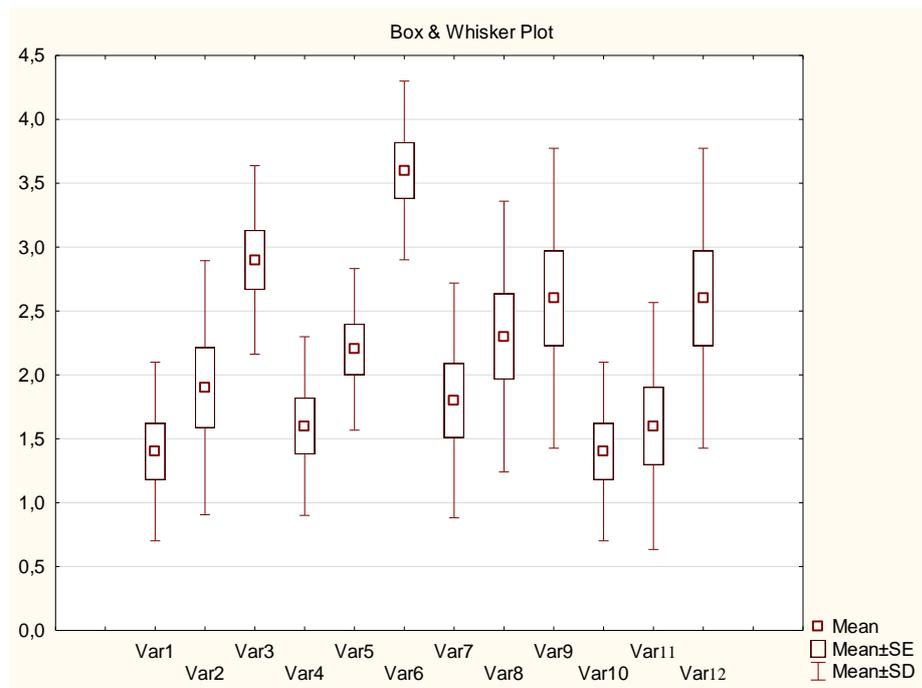


Рисунок 11 – Графическое представление результатов экспертной оценки

Из рисунка 11 можно видеть, что события делятся на 3 группы:

- Наиболее вероятные события: 3, 6, 9, 12. К ним относятся: механическое повреждение при эксплуатации, нарушение правил работ со сварочным оборудованием, отказ запорной арматуры и наличие опасных примесей в газах при длительной эксплуатации баллонов;
- Наименее вероятные события: 1, 10. К ним относятся: ошибки персонала, попадание воды в баллон при неудовлетворительной просушки после гидравлических испытаний;
- Остальные события являются событиями средней вероятности.

Для разработки мероприятий по снижению вероятности причин и последствий построим диаграмму «Галстук-бабочка». Анализ при помощи диаграммы "Галстук-бабочка" представляет собой схематический способ описания и анализа пути развития рискованного события от причин до последствий.

Данный метод сочетает исследование причин события с помощью дерева причин и анализ последствий с помощью дерева событий. Однако основное внимание метода «Галстук-бабочка» сфокусировано на барьерах между причинами и опасными событиями, опасными событиями и последствиями [18].

В результате построения «Дерева причин» и «Дерева событий» построили диаграмму «Галстук-бабочка» и указали профилактический и реактивный контроль (рисунок 12). Профилактический контроль направлен на снижение вероятности реализации риска, а реактивный контроль направлен на снижение тяжести последствий. Также были выстроены барьеры безопасности.

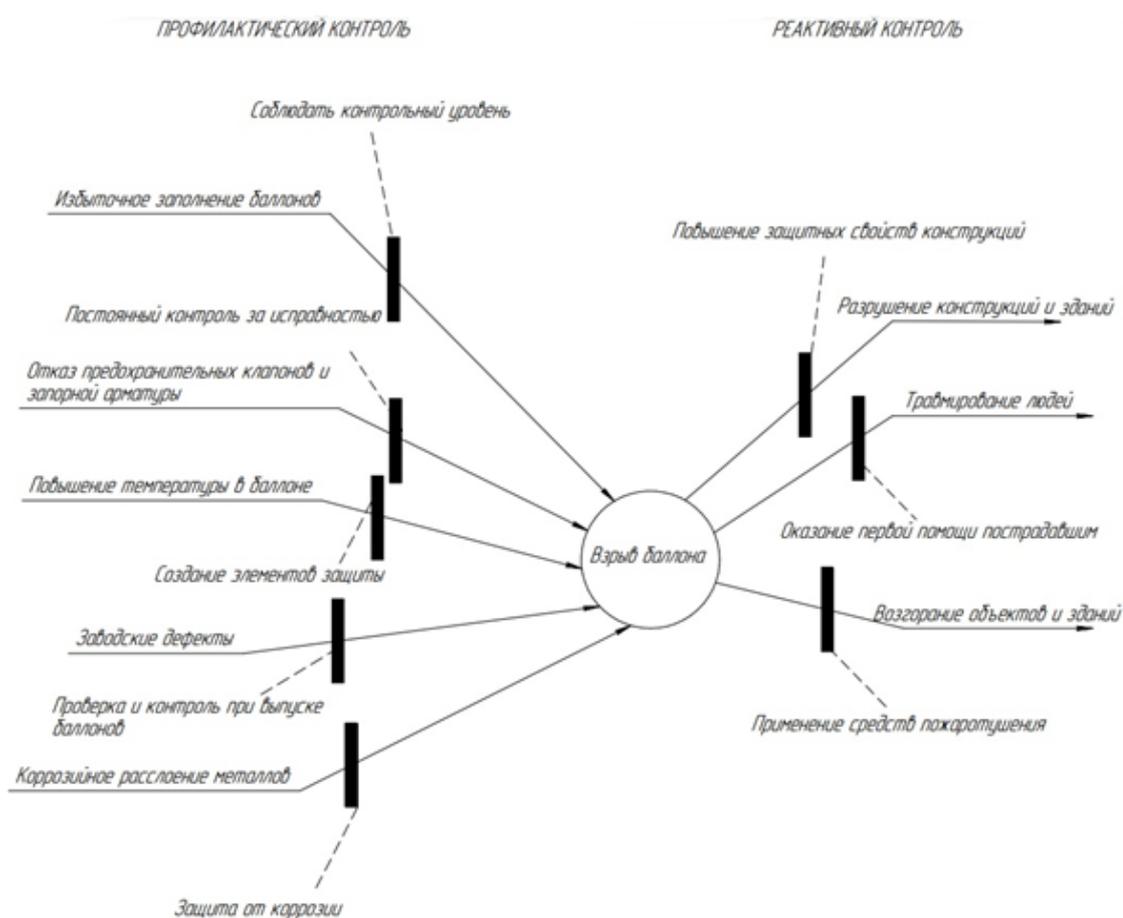


Рисунок 12 – Диаграмма «Галстук-бабочка» для события - взрыв баллона

В каждый барьер включаются определенные критерии выполнения барьера.

Рассмотрим возможные барьеры для устранения избыточного заполнения баллонов.

Мерами профилактического контроля будут являться: соблюдение контрольного уровня заполнения баллона. Баллоны, предназначенные для

хранения, транспортировки и использования газов, должны заполняться на 85%. В баллон вставляется мультиклапан, который помимо функции указания уровня жидкого газа при заправке обеспечивает очень важную функцию: отсекает подачу газа при заполнении баллона на 80–85%.

Рассмотрим возможные барьеры для устранения отказов предохранительных клапанов и запорной арматуры.

Мерами профилактического контроля будут являться: постоянный контроль за исправностью. Газовые баллоны должны соответствовать следующим параметрам: наличие остаточного давления (не менее 0,05 МПа); полная исправность; действительный срок годности; отсутствие повреждений. Освидетельствование баллона с пропаном должно проводиться 1 раз в 24 месяца.

Рассмотрим возможные барьеры для устранения повышения температуры баллона.

Мерами профилактического контроля будут являться: создание элементов защиты. Склады для хранения баллонов, наполненных газами, должны быть одноэтажными с покрытиями легкого типа и не иметь чердачных помещений. Стены, перегородки, покрытия должны быть из негорючих материалов не ниже II степени огнестойкости; окна и двери должны открываться наружу. Оконные и дверные стекла должны быть матовые или покрашены белой краской. Высота складских помещений должна быть не менее 3,25 м от пола до нижних выступающих частей кровельного покрытия. Баллоны с газом, устанавливаемые в помещениях, должны находиться на расстоянии не менее 5 м от источников тепла с открытым огнем.

Рассмотрим возможные барьеры для устранения заводских дефектов.

Мерами профилактического контроля будут являться: проверка и контроль при выпуске баллонов. Проверка качества изготовления, освидетельствование и приемка изготовленных баллонов производятся работниками отдела технического контроля изготовителя в соответствии с требованиями нормативной документации на баллоны. Проводятся проверки на качество поверхности, герметичность, прочность [19].

Рассмотрим возможные барьеры для устранения коррозионного расслоения металлов.

Мерами профилактического контроля будут являться: защита баллонов от коррозии. Баллоны сверху периодически красят. При профилактическом осмотре баллоны изнутри очищают и промывают [20].

Определим вероятность возникновения головных событий, которые приведут к взрыву баллона. Воспользуемся сводной таблицей вероятностей событий по оценкам экспертов (Приложение В).

В таблице 4 приведены события и их обозначения.

Таблица 4 – События и их обозначения

Событие	Обозначение
<i>1</i>	<i>2</i>
М	Взрыв баллона
М ₁	Превышение допустимого уровня давления
М ₂	Избыточное заполнение баллонов
М ₃	Отказ предохранительных клапанов
М ₄	Повышение температуры в баллоне
М ₅	Нарушение герметичности баллона
М ₆	Заводские дефекты
М ₇	Отказ запорной арматуры
М ₈	Коррозионное расслоение металла
В ₁	Превышение контрольного уровня заполнения баллона
В ₂	Механическое повреждение при эксплуатации
В ₃	Дефект при изготовлении
В ₄	Внешние источники нагрева
В ₅	Нарушение правил работ со сварочным оборудованием
В ₆	Недостаточное толщина стенок сосуда
В ₇	Брак сварного шва
В ₈	Попадание воды в баллон

Продолжение таблицы 4 – События и их обозначения

1	2
B ₉	Наличие опасных примесей в газах при длительной эксплуатации баллонов
C ₁	Ошибки персонала
C ₂	Отказ контрольной аппаратуры
C ₃	Неудовлетворительная просушка после гидравлических испытаний
C ₄	Попадание воды при заполнении или при открытом вентили

Формула расчета для оператора «или»:

$$P = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) \cdot \dots \cdot (1 - P_n) \quad (1)$$

1) Проведем расчет вероятности возникновения избыточного заполнения баллонов.

$$B_1 = 1 - (1 - 0,00145) \cdot (1 - 0,010144) = 0,011579$$

Следовательно, вероятность реализации события M₂ составит:

$$M_2 = 0,011579$$

2) Проведем расчет вероятности возникновения отказа предохранительных клапанов.

$$M_3 = 1 - (1 - 0,02044) \cdot (1 - 0,000145) = 0,02058$$

3) Проведем расчет вероятности возникновения повышения температуры в баллоне.

$$M_4 = 1 - (0,10036) \cdot (1 - 0,1405) = 0,226759$$

4) Проведем расчет вероятности возникновения недостаточной толщины стенок сосуда.

$$M_6 = 1 - (0,010054) \cdot (1 - 0,100171) = 0,10922$$

5) Проведем расчет вероятности возникновения отказа запорной арматуры.

$$M_7 = 0,100522$$

б) Проведем расчет вероятности возникновения коррозионного расслоения металла.

$$B_8 = 1 - (1 - 0,000127) \cdot (1 - 0,010036) = 0,01016$$

$$M_8 = 1 - (1 - 0,01016) \cdot (1 - 0,110251) = 0,1193$$

7) Проведем расчет вероятности превышения допустимого уровня давления.

$$M_1 = 1 - (1 - 0,011579) \cdot (1 - 0,02058) \cdot (1 - 0,226759) = 0,814$$

8) Проведем расчет вероятности возникновения нарушений герметичности баллона.

$$M_5 = 1 - (1 - 0,10922) \cdot (1 - 0,100522) \cdot (1 - 0,1193) = 0,29435$$

9) Проведем расчет вероятности возникновения взрыва баллона.

$$M = 1 - (1 - 0,814) \cdot (1 - 0,29435) = 0,87$$

В таблице 5 приведены вероятности реализации событий до внедрения мероприятий.

Таблица 5 – Вероятности реализаций событий до внедрения мероприятий

Событие	Обозначение	Вероятность реализации события в год
M	Взрыв баллона	0,87
M ₁	Превышение допустимого уровня давления	0,814
M ₂	Избыточное заполнение баллонов	0,011579
M ₃	Отказ предохранительных клапанов	0,02058
M ₄	Повышение температуры в баллоне	0,226759
M ₅	Нарушение герметичности баллона	0,29435
M ₆	Заводские дефекты	0,10922
M ₇	Отказ запорной арматуры	0,100522
M ₈	Коррозионное расслоение металла	0,1193

Примерная стоимость баллона с пропаном составит 5890 руб.

С учетом ущерба при реализации взрыва баллона риск составил:

$$0,87 \cdot 5890 = 5124 \text{ руб. в год}$$

Исходя из выше приведенных расчетов можно перейти к обоснованию различных мероприятий по уменьшению риска возникновения аварийных ситуаций.

Рассмотрим возможные мероприятия для устранения коррозионного расслоения металлов.

Мерами устранения коррозионного расслоения металла будет являться: внедрение полимерно-композитных баллонов в эксплуатацию вместо стальных.

Композитные баллоны устраняют следующие возможные аварийные ситуации:

– Механические повреждения. Так как используются высококачественные стекловолокна, обработанные прочной эпоксидной смолой;

– Повышение температуры в баллоне. Когда давление внутри емкости повышается до критических значений, происходит стравливание газа небольшими порциями, недостаточными для взрыва. Даже при попадании в открытый огонь такой газовый баллон будет гореть (вследствие интенсивного стравливания газа), но не взорвется.

– Коррозионное расслоение металла. Используется стекловолокно. Это уникальный материал, стойкий к воздействию температуры, агрессивных химических веществ, ультрафиолетового излучения и механическим повреждениям.

После внедрения предлагаемого мероприятия, вероятность реализации аварийных ситуаций должна снижаться за счет устранения таких факторов как: механическое повреждение при эксплуатации, повышение температуры в баллоне, коррозионное расслоение металла. Рассчитаем снижение вероятности при внедрении предлагаемого мероприятия.

1) Проведем расчет вероятности возникновения избыточного заполнения баллонов.

$$B_1 = 1 - (1 - 0,00145) \cdot (1 - 0,010144) = 0,011579$$

Следовательно, вероятность реализации события M_2 составит:

$$M_2 = 0,011579$$

2) Проведем расчет вероятности возникновения отказа предохранительных клапанов.

$$M_3 = 1 - (1 - 0,02044) = 0,000145, M_3 = 0,000145$$

3) Проведем расчет вероятности возникновения недостаточной толщины стенок сосуда.

$$M_6 = 1 - (0,010054) \cdot (1 - 0,100171) = 0,10922$$

4) Проведем расчет вероятности возникновения отказа запорной арматуры.

$$M_7 = 0,100522$$

5) Проведем расчет вероятности превышения допустимого уровня давления.

$$M_1 = 1 - (1 - 0,011579) \cdot (1 - 0,000145) = 0,0117$$

6) Проведем расчет вероятности возникновения нарушений герметичности баллона.

$$M_5 = 1 - (1 - 0,10922) \cdot (1 - 0,100522) = 0,19876$$

7) Проведем расчет вероятности возникновения взрыва баллона.

$$M = 1 - (1 - 0,0117) \cdot (1 - 0,19876) = 0,208$$

В таблице 6 приведены вероятности реализации событий после внедрения мероприятий.

Таблица 6 – Вероятности реализаций событий после внедрения мероприятий

Событие	Обозначение	Вероятность реализации в год
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
M	Взрыв баллона	0,208
M ₁	Превышение допустимого уровня давления	0,0117

Продолжение таблицы 6 – Вероятности реализаций событий после внедрения мероприятий

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
M ₂	Избыточное заполнение баллонов	0,011579
M ₃	Отказ предохранительных клапанов	0,000145
M ₄	Повышение температуры в баллоне	0,226759
M ₅	Нарушение герметичности баллона	0,19876
M ₆	Заводские дефекты	0,10922
M ₇	Отказ запорной арматуры	0,100522

Видно, что после внедрения мероприятий вероятность реализации взрыва уменьшается.

Примерная стоимость полимерно-композитного баллона с пропаном составит 16800 руб.

Величина риска с учетом ущерба составит:

$$0,208 \cdot 16800 = 3494 \text{ руб. в год}$$

Проведем расчет оценки эффективности мероприятий по снижению риска взрыва баллона. Для этого определим стоимость материальных затрат. Так как конкретный объект не рассматривается, будет учитываться только разрушение самого баллона с газом.

Применение данного мероприятия позволяет снизить риск возникновения взрыва баллона с 0,87 до 0,21 (на 76 %).

Таким образом, можно говорить, что внедрение полимерно-композитных баллонов в эксплуатацию для снижения риска взрыва баллона целесообразно.

4.2 Расчет параметров ударной волны при взрыве баллона с пропаном

Определим массу m , кг, пропана, вышедшего в атмосферу.

Избыточное давление Δp , кПа, развиваемое при сгорании газопаровоздушных смесей, рассчитывают по формуле 1:

$$\Delta p = P_0 \left(0,8 \frac{m_{np}^{0,33}}{r} + 3 \frac{m_{np}^{0,33}}{r^2} + 5 \frac{m_{np}}{r^3} \right), \quad (2)$$

где

P_0 – атмосферное давление, кПа (101 кПа);

r – расстояние от геометрического центра газопаровоздушного обмена (м);

m_{np} – приведенная масса газа, рассчитывается по формуле 2:

$$m_{np} = \left(\frac{Q_{cr}}{Q_0} \right) \cdot m_{rn} \cdot Z, \quad (3)$$

где

Q_{cr} – удельная теплота сгорания Дж/кг;

Q_0 – постоянная ($4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг);

Z – коэффициент участия (0,1);

m_{rn} – масса горючих газов и паров, поступивших в окружающее пространство (м).

Импульс волны давления i , Па·с, рассчитывается по формуле 3:

$$i = 123 \frac{m^{0,66}}{r} \quad (4)$$

Определим избыточное давление и импульс волны давления при выходе в атмосферу пропана, хранящегося в баллоне объемом 40 литров, на расстояние 10 и 15 метров от нее. Плотность пропана $1,9$ кг/м³. Уровень заполнения баллона 80%. Удельная теплота сгорания $4,7 \cdot 10^7$ Дж/кг [21].

Определим массу, приведенную m_{np} :

$$m_{np} = \left(\frac{4,7 \cdot 10^7}{4,52 \cdot 10^6} \right) \cdot (0,8 \cdot 1,9 \cdot 40) \cdot 0,1 = 63 \text{ кг}$$

Находим избыточное давление на расстоянии 1 метр:

$$\Delta p = 101 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 63^{0,33}}{1} + \frac{3 \cdot 63^{0,66}}{1^2} + \frac{5 \cdot 63}{1^3} \right) = 36798 \text{ кПа}$$

Находим импульс волны давления на расстоянии 1 метр:

$$i = 123 \cdot \frac{63^{0,66}}{1} = 1894 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Находим избыточное давление на расстоянии 10 метров:

$$\Delta p = 101 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 63^{0,33}}{10} + \frac{3 \cdot 63^{0,66}}{10^2} + \frac{5 \cdot 63}{10^3} \right) = 110 \text{ кПа}$$

Находим импульс волны давления на расстоянии 10 метров:

$$i = 123 \cdot \frac{63^{0,66}}{10} = 189 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Находим избыточное давление на расстоянии 15 метр:

$$\Delta p = 101 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 63^{0,33}}{15} + \frac{3 \cdot 63^{0,66}}{15^2} + \frac{5 \cdot 63}{15^3} \right) = 51 \text{ кПа}$$

Находим импульс волны давления на расстоянии 15 метр:

$$i = 123 \cdot \frac{63^{0,66}}{15} = 126 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Зона поражения

Таблица 7 – Предельно допустимое избыточное давление при сгорании газо, паро или пылевоздушных смесей в помещениях или в открытом пространстве [22]

Степень повреждения	Избыточное давление, кПа
Полное разрушение здания	100
50% - ное разрушение здания	53
Среднее разрушение здания	28
Умеренное разрушение здания (разрушение перегородок, оконных рам, дверей)	12
Нижний порог повреждения человека	5
Нижний порог разрушения здания (выбита часть остекления)	3

Согласно приведенным расчетам и данным из таблицы 7, можно сделать вывод о том, что давление ослабевает при удалении от эпицентра. Так предельно допустимое избыточное давление в 36798 кПа в эпицентре взрыва приводит к полному разрушению здания, на расстоянии 10 м давлением в 110 кПа –полное разрушение зданий и на расстоянии 15 м от эпицентра взрыва избыточное давление составит 51 кПа- 50% процентов зданий будет разрушено.

При избыточном давлении в 36798 кПа – летальный исход. При избыточном давлении 30 – 60 кПа (0,3 – 0,6 кгс/см²) возникают поражения средней тяжести – переломы, вывихи конечностей, контузия головного мозга, ушибы и т.д.

4.3 Зона поражения тепловым излучением при горении огненного шара

При расчете параметров взрыва рассчитывается интенсивность теплового излучения на расстоянии 100 м (жилые дома, административные здания) и время, в течение которого существует «огненный шар».

Интенсивность теплового излучения рассчитывается по формуле 11:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 31,86 \text{ кВт} / \text{м}^2, \quad (5)$$

где

E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени (350 кВт/м²);

F_q – угловой коэффициент облученности;

τ – коэффициент пропускания атмосферы.

Угловой коэффициент облученности рассчитывается по формуле 12:

$$F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4 \cdot \left[\left(\frac{H}{D_s} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1,5}} = 0,002, \quad (6)$$

где

H – высота центра «огненного шара», м;

D_s – эффективный диаметр «огненного шара», м;

r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара», м.

Эффективный диаметр «огненного шара» и высота рассчитываются по формулам 13 и 14:

$$D_s = 5,33 \cdot m^{0,327} = 22 \text{ м}, \quad (7)$$

$$H = \frac{D_s}{2} = 11 \text{ м}, \quad (8)$$

где m – масса горючего вещества.

Находим массу горючего в «огненном шаре» по формуле 15:

$$m = \rho V a = 1,9 \cdot 40 = 76 \text{ кг}, \quad (9)$$

где ρ – плотность пропана (1,9 кг/м³).

Коэффициент пропускания атмосферы рассчитывается по формуле 16:

$$\tau = \exp \left[-7 \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{r^2 + H^2} - \frac{D_s}{2} \right) \right] = 0,9 \quad (10)$$

Время существования «огненного шара» определяется по формуле 17:

$$t_s = 0,92 \cdot m^{0,303} = 3,4c \quad (11)$$

В результате расчета интенсивность теплового излучения составила 31,86 кВт/м² в соответствии с ГОСТ Р 12.3.047-2012 будет происходить разложение деревянных конструкций, обугливание ткани, резины. Для людей через 3-5 с наступят непереносимые болевые ощущения.

Персонал, в количестве одного человека, постоянно находящегося на рабочем месте, погибнет.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Основная цель данного раздела является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Данная выпускная квалификационная работа заключается в разработке мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газобаллонного оборудования.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

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

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве потенциальных потребителей результатов проведенного исследования «Разработка мероприятий по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газобаллонного оборудования» на предприятии выступают сварочные работы.

Примером предприятия потребителя является компания ООО «Газпром трансгаз Томск» г. Томск.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

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

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

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Е	Б _И	Б _В	К _Е	К _И	К _В
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
2. Визуализация полученных результатов	0,13	5	5	3	0,65	0,65	0,39
3. Полнота представления данных	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
4. Потребность в дополнительных исследованиях	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
5. Универсальность метода	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
6. Специальное оборудование	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
7. Предоставляемые возможности	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
Экономические критерии оценки эффективности							

Продолжение таблицы 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8
8. Цена	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
9. Конкурентоспособность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
Итого	1	41	35	32	4,52	3,88	3,51

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i, \quad (12)$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По данным оценочной карты можно увидеть, что для повышения конкурентоспособности с минимальными издержками более эффективно использовать электроемкостной метод контроля.

5.3 SWOT-анализ

Произведем также в данном разделе SWOT – анализ НИ, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

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

Сильные стороны — это факторы, которые положительно сказываются на развитии проекта. Сюда обычно включают все, что превращает функционирование в успешную и конкурентную работу.

Слабые стороны– это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта: тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

На первом этапе SWOT анализа в таблице 9 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ.

Таблица 9 – Матрица SWOT анализа

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

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

необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 10 и 11.

Таблица 10 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

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

Таблица 11 - Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

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

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей или слабых сторон и возможностей:

-B1C1C3C4; B2C1C2C4;

- B1Сл2; B2Сл1Сл3;

- У1С1С2С4; У2С1С2С3;

- У1Сл3; У2Сл2.

Что касается слабых сторон, то для данных методов требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечение

обучения нового персонала со знаниями методов, используемых в разработке мероприятий.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 12.

Таблица 12 - Итоговая матрица SWOT-анализа

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

5.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- Определение структуры работ в рамках научного исследования;
- Определение участников каждой работы;
- Установление продолжительности работ;
- Построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Студент

Продолжение таблицы 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

1	2	3	4
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение исследования, выполнение поставленных руководителем задач	Руководитель Студент
	6	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель Студент
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель Студент
	8	Работа над выводами по проекту	Студент
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Студент

5.4.2 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.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (13)$$

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

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

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

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

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

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

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

$$t_{\text{ож3}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 1}{5} = 1,6 \text{ чел. -дн.},$$

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

$$t_{\text{ож4}} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 2}{5} = 2,6 \text{ чел. -дн.},$$

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

$$t_{\text{ож5}} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 6}{5} = 6,6 \text{ чел. -дн.},$$

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

$$t_{\text{ож6}} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 5}{5} = 6,8 \text{ чел. -дн.},$$

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

$$t_{\text{ож7}} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел. -дн.},$$

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

$$t_{\text{ож8}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 5}{5} = 4,4 \text{ чел. -дн.},$$

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (14)$$

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:

$$T_{p1} = \frac{3,2}{1} = 3 \text{ раб. дн.},$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p2} = \frac{3,2}{1} = 3 \text{ раб. дн.},$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p3} = \frac{1,6}{1} = 2 \text{ раб. дн.},$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p4} = \frac{2,6}{2} = 1 \text{ раб. дн.},$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p5} = \frac{6,6}{2} = 3 \text{ раб. дн.},$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p6} = \frac{6,8}{2} = 3 \text{ раб. дн.},$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p7} = \frac{1,8}{2} = 1 \text{ раб. дн.},$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{p8} = \frac{4,4}{1} = 4 \text{ раб. дн ,}$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{3,2}{1} = 3 \text{ раб. дн ,}$$

Таким образом, наиболее трудоемкими и продолжительными этапами работы ожидаются этапы 5, 6 и 8.

5.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} , \quad (15)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} , \quad (16)$$

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

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

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

Расчет коэффициента календарности:

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

Продолжительность выполнения 1-й работы в календарных днях:

$$T_{k1} = 3 \cdot 1,48 = 4 ,$$

Продолжительность выполнения 2-й работы в календарных днях:

$$T_{k2} = 3 \cdot 1,48 = 4 ,$$

Продолжительность выполнения 3-й работы в календарных днях:

$$T_{k3} = 2 \cdot 1,48 = 3 ,$$

Продолжительность выполнения 4-й работы в календарных днях:

$$T_{k4} = 1 \cdot 1,48 = 1 ,$$

Продолжительность выполнения 5-й работы в календарных днях:

$$T_{k5} = 3 \cdot 1,48 = 4 ,$$

Продолжительность выполнения 6-й работы в календарных днях:

$$T_{k6} = 3 \cdot 1,48 = 4 ,$$

Продолжительность выполнения 7-й работы в календарных днях:

$$T_{k7} = 1 \cdot 1,48 = 1 ,$$

Продолжительность выполнения 8-й работы в календарных днях:

$$T_{k8} = 4 \cdot 1,48 = 6 ,$$

Продолжительность выполнения 9-й работы в календарных днях:

$$T_{k9} = 3 \cdot 1,48 = 4 .$$

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
		T_{min} , чел–дни	T_{max} , чел–дни	$T_{ожі}$, чел– дни			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
1	Составление и утверждение технического задания	2	5	3,2	Руководитель	3	4
2	Выбор направления исследований	2	5	3,2	Студент	3	4
3	Подбор и изучение материалов по теме	2	1	1,6	Студент	2	3
4	Календарное планирование работ	3	2	2,6	Руководитель Студент	1	1
5	Проведение исследования, выполнение поставленных руководителем задач	7	6	6,6	Руководитель Студент	3	4
6	Согласование полученных данных с научным руководителем	8	5	6,8	Руководитель Студент	3	4
7	Оценка эффективности полученных результатов	1	3	1,8	Руководитель Студент	1	1

Продолжение таблицы 14 – Временные показатели проведения научного исследования

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Работа над выводами по проекту	4	5	4,4	Студент	4	6
9	Составление пояснительной записки	4	2	3,2	Студент	3	4

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в табл. 4.8 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Таблица 15 – Календарный план-график проведения научного исследования

№	Вид работ	Исполнитель	T _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль			март			апрель			май				
1	Составление и утверждение технического задания	НР	4	■													
2	Выбор направления исследований	Ст	4		■												
3	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	3			■											
4	Календарное планирование работ	Ст, НР	1				■										
5	Проведение исследования, выполнение поставленных руководителем задач	Ст, НР	4					■									
6	Согласование полученных данных с научным руководителем	Ст, НР	4						■								

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб
Ручка	Шт.	4	60	240
Карандаш	Шт.	4	35	140
Блокнот	Шт.	2	80	160
Бумага офисная	Лист	500	0,4	200
Картридж	Шт.	1	1000	1000
Итого: 1740				

5.5.2 Основная заработная плата исполнителя темы

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

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (18)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

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

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:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (20)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	0 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	190	200

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p \quad (21)$$

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

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

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

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

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_m = 30000 \times (1 + 0,3 + 0,3) \times 1,3 = 62400 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад студента, руб.:

$$Z_m = 6000 \times (1 + 0 + 0) \times 1,3 = 7800 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = 62400 \times \frac{10,4}{257} = 2525,14 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата студента, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = 7800 \times \frac{11,2}{252} = 346,67 \text{ руб.}$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель: $T_p = 6$ раб.дней

Студент: $T_p = 48$ раб.дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

$$Z_{\text{осн}} = 2525,14 \times 16 = 40402,24 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента составила:

$$Z_{\text{осн}} = 346,67 \times 48 = 16640,16 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	k_T	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	k_p	Z_m , руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	1,866	30000	0,3	0,3	1,3	62400	2525,14	6	40402,24
Студент	1,407	6000	0	0	1,3	7800	346,67	48	16640,16
Итого									57042,4

5.5.3 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (22)$$

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

Дополнительная заработная плата научного руководителя составила:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 40402,24 = 6060,34 \text{ руб}$$

Дополнительная заработная плата студента составила:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 16640,16 = 2496,02 \text{ руб}$$

5.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (23)$$

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%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды для научного руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (40402,24 + 6060,34) = 13\,938,774 \text{ руб}$$

Величина отчислений во внебюджетные фонды для студента:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (16640,16 + 2496,02) = 5740,854 \text{ руб}$$

5.5.5 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (24)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы составили:

$$Z_{накл} = [1740 + (40402,24 + 16640,16) + (6060,34 + 2496,02) + 19679,6] \times 0,16 = 13922,9 \text{ руб}$$

5.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Испл.1	Испл.2
Материальные затраты НИИ	1740	
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	40402,24	16640,16
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6060,34	2496,02
Отчисления во внебюджетные фонды	13 938,774	5740,854
Накладные расходы	13922,9	
Бюджет затрат НИИ	62141,35	26617,034

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (25)$$

где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^1 = \frac{62141,35}{88758,384} = 0,7;$$

$$I_{\text{фин.р}}^2 = \frac{26617,034}{88758,384} = 0,3;$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (26)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 20 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4
3. Помехоустойчивость	0,2	5	3
4. Энергосбережение	0,15	4	4
5. Надежность	0,2	5	4
6. Материалоемкость	0,5	5	3
Итого	1	7,1	3,55

$$I_{p-исп1} = 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,5 \cdot 5 = 7,1;$$

$$I_{p-исп2} = 0,25 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,5 \cdot 3 = 4,85;$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{7,1}{0,7} = 10,1$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{4,85}{0,3} = 16,2$$

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

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (27)$$

Таблица 21 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,7	0,3
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	7,1	4,85
3	Интегральный показатель эффективности	10,1	16,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,6

Вывод по разделу

Данная работа является высокоэффективной и обладает большим потенциалом реализации в области предотвращения ЧС.

В данном разделе были выполнены задачи по анализу конкурентных решений, который показал целесообразность разработки мероприятий при использовании вероятностного метода с применением такого инструмента, как метод экспертных оценок.

Расчет коэффициента календарности позволил построить план-график научно-технического исследования. Содержание работ для проведения

исследования составило 9 этапов. Для иллюстрации календарного графика была использована диаграмма Ганта, обладающая высокой степенью информативности.

Проведенный расчет стоимости НИИ показал, что общая стоимость составляет 88758,384 рубля.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Важнейшей задачей при эксплуатации газобаллонного оборудования является соблюдение правил и требований промышленной безопасности.

Для предприятия также важен вопрос организации экологической безопасности на производстве. В процессе трудовой деятельности используется разное сырье и инструменты, поэтому соблюдение всех экологических норм крайне важно для обеспечения и организации безопасных условий труда на производстве.

Объектом исследования является баллон с пропаном.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Целями трудового законодательства являются установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан, создание благоприятных условий труда, защита прав и интересов работников и работодателей [23].

Рабочее время - время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности, а также иные периоды времени, которые в соответствии с настоящим Кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации относятся к рабочему времени.

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели, работу с ненормированным рабочим днем для отдельных категорий работников, продолжительность ежедневной работы, в том числе неполного рабочего дня, время начала и окончания работы, время перерывов в работе, число смен в сутки, чередование рабочих и нерабочих дней.

Трудовым Кодексом на сегодняшний момент устанавливаются следующие компенсации при работе во вредных условиях труда: сокращенная продолжительность рабочего времени — не более 36 часов в неделю; ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск — не менее 7 календарных дней; повышение оплаты труда — не менее 4 процентов тарифной ставки, установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

При работах на высоте работодатель должен обеспечить применение: защитных ограждений высотой 1,1 м и более; инвентарных конструкций лесов, подмостей, устройств и средств подмащивания, применением подъемников, строительных фасадных подъемников, подвесных лесов, люлек, машин или механизмов; средств коллективной и индивидуальной защиты [24].

6.1.2 Организационные работы по компоновке рабочей зоны сотрудников

Рабочее место, его оборудование и оснащение, применяемые в соответствии с характером работы, должны обеспечивать безопасность, охрану здоровья и работоспособность персонала. Основным рабочим местом сварщика является цех для эксплуатации газобаллонного оборудования. Трудовая деятельность работника в цеховых условиях регламентируется следующими государственными стандартами безопасности труда:

1. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»;
2. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ «Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

Для снижения травмоопасности работников на рабочих местах нужно:

1. Нанимать квалифицированных сотрудников;
2. Проводить полноценное обучение всех работников по охране труда;
3. Перед допуском сотрудников к работе выдать им средства индивидуальной защиты по типовым нормам и межотраслевым правилам;
4. Постоянный контроль рабочего места и зоны повышенной опасности.

6.2 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть, вовремя эксплуатации газобаллонного оборудования, представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Перечень опасных и вредных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
<i>1</i>	<i>2</i>
Чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды	ГОСТ Р 51337-99 [25]
Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [26]
Движущиеся механизмы производственного оборудования	ГОСТ 12.0.002- 2014 [27]
Ударные волны воздушной среды	ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования [28]
Ожоги роговицы глаз при сварке	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность» [29]
Опасность поражения током из-за короткого замыкания	ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках [30]
Разгерметизация оборудования, работающего под избыточным давлением	РД 24.200.11-90 [31]
Утечки токсичных и вредных веществ	ГОСТ 12.1.007–76 [32]
Превышение уровней вибрации (общая и локальная)	ГОСТ 12.1.012 – 2004 ССБТ [33]
Превышение уровня шума	ГОСТ 12.1.003 – 2014 [34]
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СанПиН 1.2.3685– 21 [35]

Продолжение таблицы 22 – Перечень опасных и вредных факторов

1	2
Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды	СанПиН 1.2.3685– 21 [36]
Монотонность труда	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [37]
Длительное сосредоточенное наблюдение	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [38]

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды

Горячие поверхности машин, доступные оператору, являются причиной риска ожогов. Для предотвращения термических ожогов кожного покрова необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги [25].

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла [25].

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

Для защиты от лучистой энергии рабочих, не связанных со сваркой, наплавкой или резкой металлов, сварочные посты должны ограждаться экранами из несгораемых материалов высотой не менее 1,8 м.

Также чтобы предупредить сотрудников предприятия об опасности получения производственных травм, используют информационные знаки и таблички.

Электрический ток

При сварке (как автоматической, так и полуавтоматической) каждый сварочный аппарат должен быть оснащен отдельным заземляющим проводом непосредственно с заземляющей магистралью, все части автоматов и полуавтоматов должны быть надежно заземлены, плавкие предохранители должны соответствовать паспортным данным, шкафы, пульта должны иметь дверцы с блокировкой, отключающей первичное напряжение при их открытии.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают: защитное заземление; зануление; системы защитного отключения; защитное разделение сетей; предохранительные устройства [26]. Также для работника проводятся инструктажи по электробезопасности.

Мерами предупреждения короткого замыкания являются правильный выбор, монтаж и эксплуатация электроустановок.

Движущиеся механизмы производственного оборудования

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикосновения к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование [27]. Также чтобы предупредить

сотрудников предприятия об опасности получения производственных травм, используют предупредительные вывески.

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 [28].

Также проводятся инструктажи по охране труда, выдача наряд допуска.

Ожоги роговицы глаз при сварке

В процессе использования сварочного оборудования, а именно при создании электрической сварочной дуги происходит выделение света – электромагнитного излучения, воспринимаемого человеческим глазом. Но при сварке кроме естественного для органов зрения человека светового излучения выделяется и другой свет, находящийся в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазоне. Он не видим для наших глаз, но в то же время является чрезвычайно вредным, так как способен привести к повреждению отдельных частей глаза, в том числе стать причиной ожога роговицы, хрусталика и тканей сетчатки.

Чтобы избежать ожогов роговиц глаз при сварке нужно использовать специальную защитную маску для сварочных работ, при работе помощником не закрывать глаза, а отворачиваться или также использовать сварочную маску [29].

Также чтобы предупредить сотрудников предприятия об опасности получения производственных травм, используют информационные знаки и таблички.

Опасность поражения током из-за короткого замыкания

Короткое замыкание в цепи происходит по причине замыкания двух проводов под напряжением, между которыми случайно оказалось очень малое сопротивление. Если в момент замыкания человек находится рядом с источником, то он может получить ожоги, повреждения тканей и органов.

Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи для человека устанавливаются [30].

Для предотвращения развития короткого замыкания самым эффективным методом является установка автоматического выключателя или же плавких предохранителей, регулярный осмотр электропроводки. Для работника предусмотрены СИЗ: диэлектрические ботинки и перчатки, каски, изолирующие подставки и коврики. Вдобавок сварщикам присваивается группа по электробезопасности не ниже II.

Разгерметизация оборудования, работающего под избыточным давлением

Все оборудование, работающее с повышенным давлением, потенциально обладают повышенной опасностью, в следствии чего к ним предъявляется ряд дополнительных требований во избежание несчастных случаев:

- Эксплуатация таких объектов разрешена только лицам, имеющим специальный допуск для работ с сосудами под давлением;
- Монтаж и дальнейшее использование возможно только согласно всей, прилагающийся технической документации;
- На протяжении всего срока эксплуатации необходимо проводить экспертизу безопасности согласно нормативной и технической документации;
- Манометры и прочие контрольно-измерительные приборы должны быть проверены.
- Сбросные клапаны и запорная арматура должны находиться в рабочем состоянии. Пломбы не сорваны [31].

Утечки токсичных и вредных веществ

Частой причиной утечек вредных веществ является коррозионное разрушение элементов баллона.

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества, согласно ГОСТ 12.0.003-2015, делятся на 6 групп:

- Токсические;
- Раздражающие;
- Сенсибилизирующие;
- Канцерогенные;
- Мутагенные;
- Вещества, влияющие на репродуктивную функцию.

Для предотвращения утечек необходимо регулярно проводить техническое освидетельствование. В ходе технического освидетельствования должен производиться наружный и внутренний осмотр и гидравлическое испытание баллонов [32]. Также работник должен получить наряд допуск при работе с токсичными и вредными веществами.

Превышение уровней вибрации

Источниками вибрации являются колебания машин, аппаратов, оборудования, строительных конструкций и сооружений.

Неблагоприятное влияние вибрации на организм человека характеризуется локальным действием на ткани и заложенные в них многочисленные экстеро- и интерорецепторы (прямой микротравмирующий эффект) и опосредованно через центральную нервную систему на различные системы и органы. Важную роль играют вторичные расстройства в результате нарушения трофики, вызванного сосудистой дисфункцией.

Для первой категории общей вибрации, по санитарным нормам скорректированное по частоте значение виброускорения составляет 62 дБ, а для виброскорости – 116дБ. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц.

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены:

- Применением вибробезопасного оборудования и инструмента;

- Применением средств виброзащиты;
- Организационно-техническими мероприятиями: поддержание технического состояния машин и механизмов на уровне, предусмотренном НТД на них; введение режимов труда, регулирующих продолжительность воздействия вибрации на работающих; вывод работников из мест с превышением ДУ по вибрации [33].

Превышение уровня шума

Влияние повышенного уровня шума как в цехе, так и за его пределами неблагоприятно для трудовой деятельности работника. На всех этапах производственного цикла рабочего сопровождает различная техника или оборудование, издающая повышенный уровень шума.

Повышенный уровень шума влияет на центральную нервную систему человека, является причиной сердечно-сосудистых заболеваний, повреждает органы слуха работника, нарушает обмен веществ и т.д. Шум также на прямую влияет на трудовую деятельность человека: замедляет реакцию работника, увеличивает шанс травмоопасности; снижает его внимание на рабочем месте, что приводит к повышенному количеству ошибок при выполнении разного рода работ.

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 допустимый уровень шума составляет 80 дБА.

Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления, превышающими 135 дБА.

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся:

- Совершенствование технологии ремонта и своевременное обслуживание оборудования;
- Использование средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи, кабины);
- Средств звукопоглощения (заглушки – вкладыши, наушники).

Также необходимо использовать рациональные режимы труда и отдыха работников [34].

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах помещения составляет 200 лк.

При сварке внутри емкостей освещение осуществляется светильниками направленного света, установленными вне свариваемого объекта, или ручными переносными светильниками, оборудованными защитной сеткой.

Освещенность в этих случаях должна быть ≥ 30 лк. При этом 79 трансформатор для переносных светильников нужно устанавливать вне свариваемого объекта с обязательным заземлением вторичной обмотки трансформатора. Не допускается применение автотрансформаторов [35].

Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды

Для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях крайнего севера (а также районах, приравненных к районам крайнего Севера) используется понятие предельной жесткости погоды, устанавливаемая для каждого района решением местных региональных органов управления.

Предельная жесткость погоды, ниже которой не могут выполняться работы на открытом воздухе, колеблется в пределах от -40 до -45 °С. При эквивалентной температуре наружного воздуха ниже -25 °С работающим на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях, а также грузчикам, занятым на погрузочно-разгрузочных работах, и другим работникам, ежедневно должен быть обеспечен обогрев в помещении с температурой $+25$ °С.

В зимнее время работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица [36].

Монотонность труда

Монотонность труда - однообразная работа, характеризующаяся выполнением не очень сложных однотипных и заданных по ритму операций,

которая вызывает ряд неблагоприятных последствий как снижение работоспособности, рост травматизма, заболеваемости, которые приводят к значительному снижению эффективности труда в целом.

Для того чтобы снизить монотонность труда необходимо сменять физическую работу на умственную, соблюдать время работы и отдыха с помощью регламентированных перерывов [37].

Длительное сосредоточенное наблюдение

Активное наблюдение за ходом производственного процесса вызывает снижение работоспособности, рост травматизма, которые приводят к снижению эффективности труда. Здесь также необходимо сменять физическую работу на умственную, соблюдать время работы и отдыха [37].

6.3 Экологическая безопасность

Эксплуатация газобаллонного оборудования может сопровождаться выделением в литосферу, гидросферу, атмосферу:

1) Материальных загрязнителей, таких как:

– твердые аэрозоли, образованными пылеватыми частицами металлов и абразивных материалов;

– газообразные (парообразные) загрязнители, поступающие в воздух через вентиляционные выбросы;

– отходы металлообработки за счет выброса сточных вод;

– твердые промышленные отходы (стружки и опилки металлов, отслужившее свой срок металлическое оборудование, сконденсированная пыль);

2) Энергетических загрязнителей, таких как:

– высокий уровень шума, вибрации, тепловые загрязнения (за счет выделения теплоты при обработке поверхностей металлов и работы оборудования).

Твердые промышленные и бытовые отходы подлежат утилизации путем переработки отходов во вторичное сырье.

Утилизация отработанных люминесцентных ламп осуществляется специализированной организацией, имеющей лицензию на проведение подобного вида работ, путем составления договора с данной организацией.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Среди возможных чрезвычайных ситуаций при эксплуатации газобаллонного оборудования можно выделить взрыв баллона.

Причинами возникновения взрыва являются повышение давления в баллоне или нарушение герметичности.

При возникновении аварии или аварийной ситуации электрогазосварщик обязан прекратить работу, немедленно сообщить о случившемся руководителю работ и далее выполнять его указания.

1) При возникновении пожара электрогазосварщик должен:

- прекратить работу и отключить электрогазосварочное оборудование;
- выключить приточно-вытяжную вентиляцию;
- немедленно сообщить о пожаре руководителю работ и в пожарную охрану, указав точное место его возникновения;
- оповестить окружающих и при необходимости вывести людей из опасной зоны;
- приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения.

2) При возникновении загорания, пожара вблизи рабочего места электрогазосварщик вместе с другими членами бригады должен перенести газовые баллоны, шланги и другое сварочное оборудование на безопасное расстояние от места загорания, пожара.

3) При загорании электрооборудования следует применять для его тушения только углекислотные или порошковые огнетушители. Не направлять в сторону людей струю углекислоты и порошка. При пользовании углекислотным огнетушителем во избежание обморожения не братья рукой за раструб огнетушителя.

4) Тушить горящие предметы, расположенные на расстоянии менее 2 м от находящихся под напряжением частей контактной сети, разрешается только углекислотными и порошковыми огнетушителями.

Тушить очаг загорания водой, пенными и воздушно-пенными огнетушителями можно только после сообщения руководителя работ или другого ответственного лица о том, что напряжение с контактной сети снято и она заземлена [38].

При попадании пены на незащищенные участки тела стереть ее платком или другим материалом и смыть водным раствором соды.

5) Тушение очага загорания, расположенного на расстоянии более 7 м от контактного провода, находящегося под напряжением, может быть допущено без снятия напряжения. При этом необходимо следить, чтобы струя воды или пены не касалась контактного провода и других частей, находящихся под напряжением.

6) В помещениях с внутренними пожарными кранами тушение пожара должно производиться расчетом из двух человек: один - раскатывает рукав от крана к месту пожара, второй - по команде раскатывающего рукав открывает кран.

7) При тушении очага загорания кошмой пламя следует накрывать так, чтобы огонь из-под нее не попал на человека.

8) При тушении очага загорания песком совком или лопату не следует поднимать на уровень глаз во избежание попадания в них песка.

9) При загорании на человеке одежды необходимо как можно быстрее погасить огонь, но при этом нельзя сбивать пламя незащищенными руками. Воспламенившуюся одежду нужно быстро сбросить, сорвать либо погасить, заливая водой. На человека в горячей одежде можно накинуть плотную ткань, брезент, которые после ликвидации пламени необходимо убрать, чтобы уменьшить термическое воздействие на кожу человека. При этом нельзя укрывать голову человека, так как это может привести к поражению дыхательных путей и отравлению токсичными продуктами горения.

10) В случае обнаружения в процессе работы каких-либо неисправностей в газовой аппаратуре, оборудовании, приборах следует немедленно прекратить работу и сообщить о случившемся руководителю работ.

11) При обнаружении утечки газа работу следует немедленно прекратить, устранить утечку газа, проветрить помещение [38].

Вывод по разделу

В результате выполнения раздела «Социальная ответственность» были рассмотренные следующие пункты «Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности», «Производственная безопасность», «Экологическая безопасность», «Безопасность в ЧС». Изучение и разработка данных пунктов важна, как для общества в целом, так для самого работника, который эксплуатирует газобаллонное оборудование, ведь сосуды под давлением является объектом повышенной опасности.

Категория помещения по электробезопасности, согласно ПУЭ, должна соответствовать не ниже II категории. Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности – категория Г. Категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду – IV категория.

Газосварщикам присваивается квалификационная группа по электробезопасности не ниже II. Его класс условий труда соответствует 3.3 (вредные условия труда 3 степени).

Работник, выполняющий работу на газобаллонном оборудовании, подвержен вредным и опасным производственным факторам, которые могут при несоблюдении техники безопасности нанести вред человеку, поэтому в соответствии с ГОСТ Р 12.4.296-2013, работодатель обязан обеспечить работника средствами индивидуальной защиты для минимизации воздействию данных факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы был проведен анализ литературных источников по статистическим данным аварий, связанных с использованием газобаллонного оборудования.

Проведен анализ основных причин реализации аварийных ситуаций с баллонным оборудованием при проведении газосварочных работ, предложено «Дерево причин». Для оценки вероятности реализации причин рассматриваемого события, был использован метод экспертных оценок. Экспертам предлагалось оценить по пятибалльной шкале вероятность наступления событий, которые могут привести к взрыву баллона. Коэффициент конкордации Кендалла составил 0,5, что свидетельствует о достаточной согласованности мнений экспертов. В результате были выявлены наиболее и наименее вероятные события, способные привести к ЧС. Наиболее вероятными событиями являются механические повреждения при эксплуатации, нарушения правил работ со сварочным оборудованием, отказы запорной арматуры и наличие опасных примесей в газах при длительной эксплуатации баллонов.

В работе рассмотрены вероятностные модели развития чрезвычайной ситуации, предложено «Дерево событий» для сценария со взрывом баллона. На основе выявленных причин и возможных последствий взрыва баллонного оборудования была сформирована диаграмма «Галстук-бабочка», где представлены мероприятия, направленные на сдерживание причин и факторов ЧС.

Оценена эффективность предлагаемых барьерных мероприятий, показано что внедрение в эксплуатацию полимерно-композитных баллонов целесообразно. Предлагаемое мероприятие устраняет следующие возможные причины аварийных ситуаций: механическое повреждение, повышение температуры в баллоне, коррозионное расслоение металла, что позволяет снизить вероятность головного события на 76%.

Проведены расчеты, по оценке степени разрушения зданий и сооружений при реализации, рассматриваемой ЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 949-73. Баллоны стальные малого и среднего объема.
2. ГОСТ 15860-84. Баллоны стальные сварные для сжиженных углеводородных газов.
3. Баллоны. Новости – URL: <http://www.ballon-torg.ru/n06052016.html> (дата обращения: 20.02.2022).
4. ГОСТ ISO 11114-1-2017 «БАЛЛОНЫ ГАЗОВЫЕ. Совместимость материалов, из которых изготовлены баллоны и клапаны, с содержимым газом».
5. ГОСТ 9731-79. Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов.
6. Госгортехнадзор РФ – URL: <https://www.rts-tender.ru/poisk/rukovodjajwjj-dokument/03112194-1098-03> (дата обращения: 02.03.2022).
7. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2021 №536 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением».
8. Ростехнадзор «Анализ причин аварий и несчастных случаев со смертельным исходом на поднадзорных объектах» – URL: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/equipment/Analysis/> (дата обращения: 05.03.2022).
9. Взрывы газа, взрывы газовых баллонов, статистика взрывов газовых баллонов – URL: <https://gas-vector.com/information/helpful-information/vzryv-gaza/> (дата обращения: 15.03.2022).
10. Чрезвычайные ситуации при использовании газовых баллонов в Российской Федерации в 2020 г – URL: <https://gas-vector.com/wpcontent/uploads/%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8-%D0%B2-2020.pdf> (дата обращения: 24.03.2022).
11. Белослудцева Е.М. Основная профессиональная образовательная программа государственного автономного профессионального образовательного

учреждения Тюменской области «Тюменский колледж транспортных технологий и сервиса» составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта по профессии начального профессионального образования технического профиля 15.01.05 Сварщик (электросварочные и газосварочные работы), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 02.08.2013 N 842.

12. Особенности газовой сварки, виды газов и оборудования – URL: <https://wikimetall.ru/metalloobrabotka/gazovaya-svarka.html> (дата обращения: 02.04.2022).

13. Газовая сварка металлов – URL: <https://www.metobr-expo.ru/ru/articles/gazovaya-svarka-metallor/> (дата обращения: 02.04.2022).

14. Взрывы газовых баллонов, их виды и последствия – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzryvy-gaiposledstviya/viewer> (дата обращения: 02.04.2022).

15. Петров А.В. Методики оценки уровня риска на предприятии // Красноярск.

16. Пожарная безопасность при проведении сварочных работ – URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/pozharnaya-bezopasnost-pri-svarochnyih-rabotah/> (дата обращения: 03.04.2022).

17. Основные причины взрывов – URL: <https://sovet-ingenera.com/gaz/safety/vzryv-ballona-s-gazom.html> (дата обращения: 04.04.2022).

18. Приказ Минтруда России от 11.12.2020 N 884н "Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ".

19. Управление рисками в области безопасности труда и охраны здоровья – URL: <https://irkutskoil.ru/upload/iblock/833/9egj1b2fmm8vit.pdf> (дата обращения: 04.04.2022).

20. Контроль качества – URL: <https://prod.bobrodobro.ru/84851> (дата обращения: 04.04.2022).

21. Расчет процессов горения и взрыва: учебное пособие / В.А. Портола, Н.Ю. Луговцова, Е.С. Торосян; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 108 с.
22. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
23. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).
24. ГОСТ Р 51337-99. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.
25. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
26. ГОСТ 12.0.002- 2014. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.
27. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования.
28. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность.
29. ГОСТ 26522-85. Короткие замыкания в электроустановках.
30. РД 24.200.11-90. Сосуды и аппараты, работающие под давлением. Правила и нормы безопасности при проведении гидравлических испытаний на прочность и герметичность.
31. ГОСТ 12.1.007–76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
32. ГОСТ 12.1.012 – 2004 ССБТ. Вибрационная безопасность.
33. ГОСТ 12.1.003 – 2014. Шум.
34. СанПиН 1.2.3685– 21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

35. Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

36. ГОСТ 12.4.254-2013. Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах.

37. ГОСТ 12.4.250- 2019. Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла.

38. Инструкция по охране труда электрогазосварщика – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293769/4293769111.htm> (дата обращения: 25.04.2022).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Вам необходимо определить вероятность наступления события, а именно взрыв баллона с газом по 5-бальной шкале:

1 балл – очень низкая, скорее всего не произойдет (вероятность наступления от 1 до 20%);

2 балла – низкая, маловероятно, что произойдет (вероятность наступления от 21 до 40%);

3 балла – средняя, вероятно, что произойдет (вероятность наступления от 41 до 60%);

4 балла – высокая, скорее всего, что произойдет (вероятность наступления от 61 до 80%);

5 баллов – очень высокая, произойдет раньше, чем ожидается (вероятность наступления свыше 80%).

Таблица 23 – Опросный лист

№	Событие	Балл
1	2	3
Избыточное заполнение баллонов		
1	Ошибки персонала	
2	Отказ контрольно-измерительной аппаратуры	
Отказ предохранительных клапанов		
3	Механическое повреждение при эксплуатации	
4	Дефект при изготовлении	
Повышение температуры баллона		
5	Внешние источники нагрева	
6	Нарушение правил работ со сварочным оборудованием	
Заводские дефекты		
7	Недостаточная толщина стенок сосуда	
8	Брак сварного шва	
Нарушение герметичности		
9	Отказ запорной арматуры	

Продолжение таблицы 23 – Опросный лист

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Коррозийное расслоение металла		
10	Попадание воды в баллон при неудовлетворительной просушки после гидравлических испытаний	
11	Попадание воды в баллон при заполнении или при открытом вентиле	
12	Наличие опасных примесей в газах при длительной эксплуатации баллонов	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица 24– Сводная таблица оценок экспертов по опросному листу

№	Событие	Номер эксперта										Ср.балл
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
Избыточное заполнение баллонов												
1	Ошибки персонала	1	2	1	1	3	1	1	2	1	1	1,4
2	Отказ контрольно-измерительной аппаратуры	1	3	4	1	2	2	1	1	2	2	1,9
Отказ предохранительных клапанов												
3	Механическое повреждение при эксплуатации	3	2	4	3	4	2	3	3	3	2	2,9
4	Дефект при изготовлении	2	2	1	2	1	1	1	2	3	1	1,6
Повышение температуры баллона												
5	Внешние источники нагрева	2	2	3	2	2	1	3	2	2	3	2,2
6	Нарушение правил работ со сварочным оборудованием	3	4	5	4	3	3	4	3	4	3	3,6
Заводские дефекты												
7	Недостаточная толщина стенок сосуда	4	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1,8
8	Брак сварного шва	5	2	3	2	2	2	2	2	1	2	2,2
Нарушение герметичности												

Продолжение таблицы 24 – Сводная таблица оценок экспертов по опросному листу

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
9	Отказ запорной арматуры	3	1	5	3	1	2	2	3	3	3	2,6
Коррозийное расслоение металла												
10	Попадание воды в баллон при неудовлетворительной просушки после гидравлических испытаний	3	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1,4
11	Попадание воды в баллон при заполнении или при открытом вентиле	4	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1,6
12	Наличие опасных примесей в газах при длительной эксплуатации баллонов	2	4	5	1	3	2	2	3	2	2	2,6

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица 25 – Сводная таблица вероятностей событий по оценкам экспертов

№	Событие	Номер эксперта										Ср.балл
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Избыточное заполнение баллонов												
1	Ошибки персонала	0,00001	0,0001	0,00001	0,00001	0,001	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00145
2	Отказ контрольно-измерительной аппаратуры	0,00001	0,001	0,1	0,00001	0,0001	0,0001	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,010144
Отказ предохранительных клапанов												
3	Механическое повреждение при эксплуатации	0,001	0,0001	0,1	0,001	0,1	0,0001	0,001	0,001	0,0001	0,0001	0,02044
4	Дефект при изготовлении	0,0001	0,0001	0,00001	0,0001	0,00001	0,00001	0,00001	0,0001	0,001	0,00001	0,000145
Повышение температуры баллона												
5	Внешние источники нагрева	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	0,0001	1	0,001	0,0001	0,0001	0,001	0,10036
6	Нарушение правил работ со сварочным оборудованием	0,001	0,1	1	0,1	0,001	0,001	0,1	0,001	0,1	0,001	0,1405
Заводские дефекты												
7	Недостаточная толщина стенок сосуда	0,1	0,0001	0,00001	0,00001	0,0001	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,010054
8	Брак сварного шва	1	0,0001	0,001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00001	0,0001	0,100171
Нарушение герметичности												
9	Отказ запорной арматуры	0,001	0,00001	1	0,001	0,00001	0,0001	0,0001	0,001	0,001	0,001	0,100522

Продолжение таблицы 25 – Сводная таблица вероятностей событий по оценкам экспертов

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
Коррозийное расслоение металла												
10	Попадание воды в баллон при неудовлетворительной просушки после гидравлических испытаний	0,001	0,00001	0,00001	0,0001	0,00001	0,00001	0,00001	0,0001	0,00001	0,00001	0,000127
11	Попадание воды в баллон при заполнении или при открытом вентиле	0,1	0,00001	0,00001	0,0001	0,00001	0,0001	0,00001	0,0001	0,00001	0,00001	0,010036
12	Наличие опасных примесей в газах при длительной эксплуатации баллонов	0,0001	0,1	1	0,00001	0,001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	0,0001	0,110251