

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации объектов коммунального хозяйства

УДК 614.8:[628.174+697.34]

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Рыбакова Юлия Дмитриевна		

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	Рыбаковой Юлии Дмитриевне

Тема работы:

Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации объектов коммунального хозяйства	
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 водоснабжения на территории г. Аксу. Режим работы непрерывный, так как работа осуществляется круглосуточно.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Аналитический обзор литературных источников по условиям безопасной эксплуатации объектов коммунального хозяйства и причинам аварийных ситуаций на объектах водоснабжения. Составление вариационной модели развития ЧС на исследуемом объекте (за головное событие принять разгерметизация ёмкости с хлором). Проведение расчетов с целью определения масштаба последствий в результате разгерметизация

	исходной ёмкости с хлором. Предложение инженерно-технических мероприятий направленных на предупреждение ЧС.
Перечень графического материала	Таблицы, рисунки

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы

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
1E81	Рыбакова Ю.Д.		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)
02.02.2022	Разработка раздела «Обзор литературы», подбор литературы, проведение теоретических обоснований	20
28.02.2022	Разработка раздела «Основные причины реализации ЧС на объекте водоснабжения», анализ основных причин и последствий реализации ЧС на объекте	15
22.03.2022	Раздел «Практическая часть», возможные аварийные ситуации и их расчет	10
12.04.2022	Раздел «Практическая часть», оценка рисков на основе полученных результатов	15
09.05.2022	Раздел «Практическая часть», предложение инженерно-технических мероприятий	10
23.05.2022	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 «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1E81		Рыбаковой Юлии Дмитриевне	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации объектов коммунального хозяйства	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p><i>Объект исследования: хлор</i> <i>Область применения: объекты коммунального хозяйства</i> <i>Рабочая зона: производственное помещение</i> <i>Размеры помещения: 25x25 м</i> <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 2 контейнера с хлором вместимостью по 1,5 т каждый, тельфер, весы, пожарная автоматика</i> <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: мониторинг и контроль измерительных приборов в техническом помещении во время плановых обходов</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:	<p>ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. ПРИКАЗ от 3 декабря 2020 года N 486 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора"» Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" ТК РФ Статья 351.6. Особенности регулирования труда работников в сфере электроэнергетики, сфере теплоснабжения, в области промышленной безопасности, области безопасности гидротехнических сооружений</p>
2. Производственная безопасность при эксплуатации:	<p>– Опасные факторы: 1. Связанные с опасностью химических веществ при попадании через органы дыхания. 2. Связанные с опасностью химических веществ при попадании через открытые раны. 3. Поверхности твердых или жидких объектов, о которые ударяются движущиеся части тела, работающего; 4. Движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (движущиеся машины и механизмы). 5. Связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.</p>

	<p>6. Короткое замыкание в электроустановке.</p> <p>– Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие или недостаток необходимого освещения; 3. Повышенный уровень вибрации; 5. Повышенный уровень шума; 6. Микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего. 7. Длительное сосредоточенное наблюдение. <p>– Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование средств индивидуальной защиты органов дыхания, каски, защитные ограждения, система вентиляции, автоматическая система защиты для нейтрализации паров хлора</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p>Воздействие на селитебную зону: химическое заражение территории при аварии, санитарно-защитная зона составляет 100 м</p> <p>Воздействие на литосферу: твердые отходы при утилизации контейнеров, утилизация люминесцентных ламп</p> <p>Воздействие на гидросферу: сброс сточных вод с содержанием хлора в реки, пруды, продукты жизнедеятельности персонала</p> <p>Воздействие на атмосферу: увеличение концентрации паров хлора в атмосфере</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Природные катастрофы (цунами, ураган и т.д.); – Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); – Техногенные аварии (отказ систем безопасности; нарушение целостности емкости с хлором, пожар) <p>Наиболее типичная ЧС: разгерметизация ёмкости с хлором</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е81	Рыбакова Юлия Дмитриевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1E81	Рыбаковой Юлии Дмитриевне

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 30000 руб. Оклад студента – 1988 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премиальный коэффициент руководителя 30%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Коэффициент дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 28%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциального потребителя результатов исследования Анализ конкурентных технических решений SWOT-анализ
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование бюджета затрат на НИ: - расчет материальных затрат; - расчет заработной платы (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Расчет денежного потока
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	Доктор э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Рыбакова Юлия Дмитриевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 103 с. и содержит 6 рис., 30 табл., 33 источника, 4 прил.

Ключевые слова: объект водоснабжения, хлор, разгерметизация ёмкости с хлором, оценка риска, чрезвычайная ситуация.

Объектом исследования является объект водоснабжения, расположенный в Республике Казахстан на территории г. Аксу.

Цель работы – оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации объектов коммунального хозяйства.

В процессе исследования проводился анализ возможных потенциальных опасных ситуаций на объекте водоснабжения, которые могут приводить к утечке хлора. На основании анализа была построена вероятностная модель развития возможной чрезвычайной ситуации с разгерметизацией емкости с хлором. Была рассчитана зона фактического заражения при разгерметизации ёмкости с хлором.

В результате исследования были предложены мероприятия, направленные на предупреждение возникновения чрезвычайной ситуации и повышение уровня безопасности исследуемого объекта.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЧС – чрезвычайная ситуация

ФНС – насосно-фильтровальная станция

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика

ООО – общество с ограниченной ответственностью

ОАО – открытое акционерное общество

АО – акционерное общество

ПАО – Публичное акционерное общество

ОХВ – опасное химическое вещество

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	10
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	11
СОДЕРЖАНИЕ	12
ВВЕДЕНИЕ	15
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ	17
1.1. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА	17
1.2. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА	18
1.3. СТРУКТУРА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	21
2. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ И ФАКТОРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЧС НА ОБЪЕКТЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	
27	
2.1. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН И ПОСЛЕДСТВИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЧС НА ОБЪЕКТЕ	
ВОДОСНАБЖЕНИЯ	27
2.2. АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ЧС НА ИССЛЕДУЕМОМ ОБЪЕКТЕ	
31	
2.3. ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ И СОБЫТИЙ, ПРИВОДЯЩИХ К ЧС	41
3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	45
3.1. ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ «ДЕРЕВА СОБЫТИЙ» ПОСЛЕДСТВИЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЧС НА	
ОБЪЕКТЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	45
3.2. РАСЧЕТ ВЕРОЯТНЫХ ЗОН ДЕЙСТВИЯ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ	48
4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	54
4.1. РАСЧЕТ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ВОДЯНОЙ ЗАВЕСЫ	54
4.2. ПРЕДЛОЖЕНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ И	
МИНИМИЗАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС	57
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	59
5.1. ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	59
5.1.1. ПРАВОВЫЕ НОРМЫ ТРУДОВОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА	59
5.1.2. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРАВИЛЬНОМУ РАСПОЛОЖЕНИЮ И	
КОМПОНОВКЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ	61
5.2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	61

5.2.1. Факторы, связанные с опасностью химических веществ при попадании через органы дыхания	63
5.2.2. Факторы, связанные с опасностью химических веществ при попадании через открытые раны	64
5.2.3. Поверхности твердых или жидких объектов, о которые ударяются движущиеся части тела, работающего	64
5.2.4. Движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (движущиеся машины и механизмы)	65
5.2.5. Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	65
5.2.6. Короткое замыкание в электроустановке	66
5.2.7. Освещение	66
5.2.8. Вибрация	67
5.2.9. Шум	67
5.2.10. Микроклимат	68
5.2.11. Длительное сосредоточенное наблюдение	68
5.3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	68
5.3.1. Воздействие на селитебную зону	68
5.3.2. Воздействие на литосферу	69
5.3.3. Воздействие на гидросферу	70
5.3.4. Воздействие на атмосферу	70
5.4. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	70
5.5. ВЫВОД	71
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .	72
6.1. ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ	72
6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	72
6.1.2. Анализ конкурентных технических решений	73

6.1.3. Технология QuaD	75
6.1.4. SWOT-анализ	76
6.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	79
6.3. ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	80
6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	80
6.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ	81
6.3.3. Разработка графика проведения научного исследования	82
6.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	84
6.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ (РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ), ФИНАНСОВОЙ, БЮДЖЕТНОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	99
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	100
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	101
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	103

ВВЕДЕНИЕ

Среди ресурсных и экологических проблем, порожденных развитием хозяйственной деятельности, одной из наиболее сложных и трудноразрешимых является обеспечение населения и хозяйственных структур пресной водой. Стратегически важной задачей государства является обеспечение населения водопроводной водой питьевого качества, которая должна соответствовать установленным нормам.

При проектировании и создании объектов коммунального хозяйства необходимо учитывать не только экономические показатели, но и уделять должное внимание удовлетворению потребностей социального характера. Водоснабжение населения питьевой водой представляет собой социально значимое и жизненно важное благо первой необходимости. В среднем человеку в сутки необходимо потреблять не менее 2-3 литров воды для удовлетворения биологических потребностей. Также у современного человека есть необходимость в удовлетворении своих санитарно-гигиенических потребностей, что является основой социальной значимости продукции водоснабжения. Так как общество удовлетворяет основные потребности в снабжении каждого отдельного индивида питьевой водой надлежащего качества, создается система социальной и санитарно-гигиенической безопасности, где население выступает от имени государства.

Прекращение или нарушение работ на объектах водоснабжения могут произойти как вследствие возникновения различных чрезвычайных ситуаций (техногенного или природного характера), так и вследствие антропогенного загрязнения основного источника водопотребления. Так же необходимо учитывать возможность поломки оборудования из-за нарушения регламента монтажа и ремонта или некачественного выполнения работ, несоблюдение установленных норм сроков эксплуатации оборудования или в результате физического износа. Подобные обстоятельства имеют вероятность прекращения подачи воды населению и на производственные объекты. Такие внештатные ситуации изредка приводят к смертельным поражениям или травмам, но они

ухудшают условия жизни населения. Поэтому объекты водоснабжения являются стратегическими объектами, от их функционирования зависит работа всей городской среды, следовательно, важно, чтобы на таких объектах не происходило аварий и ЧС.

Цель работы: оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации объектов коммунального хозяйства.

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

- привести краткую характеристику исследуемого объекта;
- провести анализ и оценку основных причин и факторов реализации чрезвычайных ситуаций на объектах водоснабжения;
- предложить «дерево событий» и рассмотреть наиболее вероятные сценарии развития ЧС.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Описание объекта

Объектом исследования является коммунально-государственное предприятие, расположенное в северной части Республики Казахстан. Его основной задачей является водоснабжение.

На объектах водоснабжения основными направлениями деятельности являются:

- подача питьевой воды, соответствующая нормативным требованиям СанПиН 2.1.3684-21;
- разработка эффективных методов подачи и распределения питьевой воды, управление технической политикой по водоснабжению города;
- соблюдение всех требования и технических условий при строительстве или ремонте объектов водоснабжения;
- постоянный мониторинг и контроль качества питьевой воды, поставляемой населению после прохождения всех этапов очистки.

Кроме этого, данные объекты занимаются эксплуатацией, ремонтом и техническим обслуживанием очистных сооружений, трубопроводов, насосных станций и других составных частей водозаборных сооружений. Для населения предприятие предоставляет услуги такие как водоподготовка и подача питьевой воды потребителю, улучшение качества питьевой воды и сбор денежных средств за оплату услуг.

Эксплуатируют и контролируют объекты водоснабжения как органы местного самоуправления, так и различные акционерные общества.

Одной из задач исследуемого объекта является подача питьевой воды и её предварительная очистка. При водоподготовке предприятие использует жидкий хлор, который является химически опасным веществом. Следовательно, есть необходимость в проведении оценки рисков и разработки различных мероприятий по повышению безопасной эксплуатации, а также с целью снижения вероятности возникновения чрезвычайной ситуации.

Состав производственных подразделений напрямую зависит от особенностей технологического процесса и по выполняемым основным функциям объект водоснабжения можно разделить на следующие группы:

- службы и подразделения, которые осуществляют контроль качества питьевой воды и её подачу в жилые сектора и производственные объекты, водоподготовку в соответствии с требованиями санитарных норм и государственных стандартов на питьевую воду;

- ремонтно-эксплуатационные подразделения, осуществляющие деятельность ремонтно-монтажных работ на производственных участках (насосные станции, хлораторные и т.п.). Также проводят капитальные ремонты магистральных и разветвляющихся трубопроводов водопроводных сетей.

Следовательно, основной частью исполнительного персонала являются рабочие ремонтно-эксплуатационных подразделений такие как строители, ремонтные рабочие, слесаря и т.п. Ключевая деятельность производственного персонала направлена на сохранение и обеспечение безаварийной работы водопроводных сетей и оборудования систем водоснабжения.

1.2. Характеристика места расположения объекта

Обеспеченность водными ресурсами и географическое положение региона являются основополагающими факторами для развития систем водоснабжения. Акватория Павлодарской области представлена неравномерно сравнительно с другими регионами Казахстана. Река Иртыш и канал Иртыш – Караганда являются наиболее значимыми для водоснабжения населения и промышленных предприятий Павлодарской области, так как это самые крупные поверхностные водоисточники на данной территории. Проектная производительность канала Иртыш – Караганда составляет 75 м/сек, а среднегодовой многолетний расход воды реки Иртыш составляет 800-900 м/сек.

На территории Павлодарской области насчитывается более 130 малых рек и временных водотоков. Немало важную роль для объектов водоснабжения играют водные ресурсы, характеризующиеся кратковременным весенним стоком с расходом от 0.1 до 0.5 м/с (Ащисы, Карасу, Шидерты, Тундык, Оленты

и др.). Наиболее благоприятное время года для использования временных водотоков и малых рек для обеспечения населения, и промышленных предприятий водопроводной водой является осенний период, так как происходит пересыхание и образуются более глубокие участки водоёма (плёсы) с солоноватой или соленой водой.

Озёра не имеют большого значения для объектов водоснабжения в связи с тем, что на территории области пресную воду имеют лишь 7 % озер от общего количества, расположенных в Павлодарской области. Также некоторые пресные озера имеют сезонный характер (пересыхают или в летний период года вода становится соленой). Но часть озер имеют практический интерес для водоснабжения (Джасыбай, Торайгыр и Сабындыкуль).

В г. Аксу река Белая (приток Иртыша) является основным источником водоснабжения.

Одним из неблагоприятных факторов для объектов водоснабжения являются весенние паводки. Весенний разлив реки увеличивает количество загрязняющих веществ тем самым уменьшая качество питьевой воды. В связи с этим проводится повторное хлорирование, что оказывает негативное влияние на здоровье населения, так как происходит образование хлорорганических соединений. Возможность затопления рассматриваемого объекта отсутствует, так как исследуемый объект не находится в зоне затопления реки Белая.

Также различные ЧС на объектах водоотведения зависят от метеоусловий. Характерный климат для Павлодарской области резко континентальный с резкими изменениями температуры воздуха.

Из-за воздействия крупных массивов суши и отсутствия обильных осадков наблюдается интенсивный воздухообмен в жаркий и холодный период года. Равнинная местность не препятствует и обеспечивает свободный перенос воздушных масс, вследствие чего возникают резкие повышения или понижения температуры воздуха.

Связи со своим географическим расположением, равнинной местностью и антициклонным типом погоды климат Павлодарской области характерен

отличительно ранними осенними и поздними весенними заморозками, жарким, но коротким летним периодом и затяжным зимним периодом с сильными ветрами и метелями. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет $-45\dots-49^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум – $40\dots42^{\circ}\text{C}$. Средняя месячная температура самого холодного месяца – января – составляет $-16\dots-19^{\circ}\text{C}$ в северной части области и $-13\dots-15^{\circ}\text{C}$ в южной и юго-западной. Самым теплым месяцем является июль, температура которого составляет $20\dots22^{\circ}\text{C}$. В среднем в Павлодарской области длительность теплого времени года (температура воздуха выше 0°C) составляет 204-206 дней в северной части и 209-213 на юге. Среднее годовое количество осадков составляет от 235 мм в южной части области до 300 мм на северной [1].

Для объектов, эксплуатирующих хлор важное значение, имеет температура окружающей среды, так как при его хранении или транспортировке необходимо поддерживать определенную температуру ($12\dots15^{\circ}\text{C}$). Климат Павлодарской области с резкими изменениями температуры не самый благоприятный для работы с опасным химическим веществом. В связи с этим необходим контроль температурных условий хранения и транспортировки емкостей с хлором.

В связи с расположением Павлодарской области на территории Казахстана одним из опасных природных явлений являются метели. Среднее количество дней с метелью за год около 40. Наибольшее количество дней с метелью наблюдается в декабре и январе, несколько меньше в феврале и марте. В октябре и апреле метели бывают не каждый год.

Метели являются одним из неблагоприятных внешних факторов для предприятия, эксплуатирующего опасные химические вещества, так как они могут способствовать распространению опасного вещества в атмосфере, что значительно увеличит площадь заражения.

В весенний период года (апрель-май) в Павлодарской области ещё одним опасным природным явлением считают лесные и степные пожары, которые связаны с засушливостью территории. Данное явление можно охарактеризовать

увеличением количества легковоспламеняющихся материалов (опавшая листва, высохшие травянистые растения и т.п.). Вследствие резко континентального климата, а именно отсутствие обильных осадков и действие повышенных температур по истечении 1-1.5 месяца возможно возникновение новой волны степных пожаров, которая в течении 2-3 недель будет увеличиваться. Также пожароопасный период обуславливается неосторожностью действий населения во время сборов грибов и ягод (начало или середина августа). Окончание пожароопасного сезона наступает в сентябре в период возникновения отдельных очагов пожаров [2].

Крупные лесные пожары могут оказывать негативное влияние на функционирование объектов водоснабжения. Возникновение степного пожара вблизи территории объекта, на котором обращается хлор, может стать опасным фактором и привести к возникновению аварии.

1.3. Структура очистных сооружений

Для водоснабжения одним из важных сооружений являются насосные станции. Их состав, тип и компоновка определяются видом источника водоснабжения и его особенностями. В нашем случае поверхностные воды рек, и, следовательно, на исследуемом объекте используются насосные станции первого и второго подъема.

При строительстве и монтаже насосных станций необходимо учитывать оптимальные затраты при высокой надежности конструкций, от правильно подробного оборудования и эффективности проекта зависит удобство эксплуатации. В системах водоснабжения насосные станции являются одним из основных элементов, так как они создают необходимый напор воды с определённым расходом.

Для обеспечения надежности и простоты работы насосной станции необходимо определиться с выбором соответствующего способа, который зависит от расположения и вида станции:

- дистанционно – контроль и запуск системы происходит в удаленном доступе;

- автоматически – контроль осуществляется по результатам показаний датчиков (манометры, ротаметры и т.п.);
- полуавтоматически – основная работа происходит автоматически по заданному сигналу оператором;
- вручную – контроль и запуск системы происходит оператором на территории станции.

Для определения способа управления необходимо проведение технического анализа.

Классификацию насосов, используемых на объектах водоснабжения, можно разделить по следующим критериям: область применения, способ установки и вид механизма.

Также выбор насосной станции зависит от её функционала и различных параметров систем водоснабжения:

- повысительные насосные станции (станции подкачки);
- циркуляционные насосные станции;
- насосные станции первого подъема;
- насосные станции второго подъема;
- насосные станции третьего, четвертого и последующих подъемов.\

Для осуществления дальнейшей подачи воды к насосам присоединяют напорные водоводы или всасывающие трубопроводы.

Рассматриваемый в данной работе объект водоснабжения использует два вида очистных сооружений для водоснабжения: насосные станции первого и второго подъема.

Насосные станции первого подъема откачивают воду из поверхностных или подземных водоисточников и далее отправляют на очистные сооружения. В случае соответствия нормативным требованиям воду могут направлять напрямую в водопроводную сеть, водонапорную башню или различные накопительные ёмкости. Насосная станция первого подъема функционирует в безостановочном режиме, производительность зависит от дней значительного водопотребления берется средний часовой расход.

Станция первого подъема оснащена одним резервным насосом. Он имеет отдельный всасывающий трубопровод. Схема данной станции представлена в Приложении 1.

Для обеспечения подачи воды в жилые сектора или на объекты промышленности и поддержки необходимого давления в водопроводной сети используются насосные станции второго подъема. Насосные станции представляют собой систему насосного оснащения и накопительных резервуаров. Производительность насосной станции рассчитывается на подачу заданного объема питьевой воды, которая соответствует режимам ступенчатого потребления. Схема данной станции представлена в Приложении 2.

Насосная станция второго подъема размещается неподалеку от очистных сооружений.

Также в состав насосно-фильтровальной станции (ФНС) входит: насосные станции первого и второго подъема, система обеззараживания, секции очистных сооружений (смесители, камеры хлопьеобразования, горизонтальные отстойники, блоки скорых фильтров), резервуары чистой воды и блок вспомогательных сооружений (хлорное и реагентное хозяйство). Современные ФНС снабжаются системами автоматизированного управления технологическим процессом, значительно повышающими эффективность их работы.

В состав ФНС входит блок доочистки и обеззараживания, который реализуется путем подачи газообразного хлора в водопроводную воду.

Подготовка газообразного хлора для подачи в систему доочистки осуществляется в специализированном помещении - хлораторной. Хлораторная – специальное техническое помещение, предназначенное для приготовления водного раствора хлора и подачи его в водопроводную сеть. С целью безопасной эксплуатации помещения в хлораторной должен выполняться ряд требований.

Помещение хлораторной не должно иметь сообщений с другими помещениями. Также при строительстве необходимо учитывать наличие двух выходов наружу. Размещение склада с хлором может осуществляться как в хлораторной так и в отдельном помещении. Объединение склада и технического

помещения обеспечивает постоянный надзор и условия для механизированной подачи хлора. В случае, если помещения располагаются отдельно, то в хлораторной не должно находиться более трехсуточного запаса хлора. В связи с тем, что хлор является опасным химическим веществом, необходимо обеспечивать поддержание постоянной температуры в помещении ($12...15^{\circ}\text{C}$) по средствам центрального отопления. И ещё одним условием хранения хлора является наличие механической приточной вытяжной вентиляции с 12-кратным воздухообменом в час [8].

Хлоропроводы устраивают из бесшовных цельнонатянутых толстостенных стальных труб, соединяемых на сварке или резьбовыми муфтами. Использование фланцев осуществляется в малом количестве. При установке длинных хлоропроводов их снабжают компенсаторами.

Определение количества необходимых резервуаров, которые используются для испарения, осуществляется расчетным объемом хлора без подогрева: для баллона — $0,5-0,7$ кг/ч, для бочки — 15 кг/ч.

От хлораторов хлорная вода направляется через смесительное устройство при помощи эжекторов в резервуары чистой воды, контактные резервуары сточной воды или в трубопровод, подающий эти воды, в котором происходит смешение. Эжекторы хлораторов бесперебойно обеспечиваются водой под давлением не менее $4-5$ атм., но не более 7 атм., и имеют второе питание или подкачивающий насос. Запрещается из эжекторных линий брать воду для других целей. Количество хлораторных аппаратов в установке должно быть не менее двух. Резервные аппараты устанавливают в следующем количестве: при числе работающих аппаратов до четырех — один резервный аппарат [9].

При эксплуатации емкостей с хлором должны выполняться следующие условия Технического регламента ТР ТС 032/2013:

а) расчетное давление сосудов, содержащих жидкий хлор, должно быть не менее $1,6$ МПа (16 кгс/см²);

б) материалы и конструкция сосуда должны обеспечивать его прочность в рабочем диапазоне температур: от возможной минимальной температуры до

максимальной, соответствующей условиям эксплуатации сосуда. При выборе материалов для сосудов, предназначенных для установки на открытой площадке или в неотапливаемых помещениях, необходимо учитывать абсолютную минимальную и максимальную температуру наружного воздуха для данного региона;

в) толщину стенки сосуда необходимо определять с учетом расчетного срока службы, расчетного давления и дополнительной прибавки не менее 1 мм для компенсации коррозии (на штуцерах сосудов дополнительная прибавка для компенсации коррозии должна составлять не менее 2 мм) [4].

На исследуемом объекте отсутствует склад с хлором, хранение и эксплуатация жидкого хлора происходит в одном помещении, которое имеет два выхода наружу, естественную и искусственную вентиляцию.

В хлораторной установке представленной на рис. 1 из исходных баллонов жидкий хлор перетекает в промежуточный баллон, где происходит его испарение и отделение загрязнений. Далее газообразный хлор проходит через фильтр со стекловатой и затем через понижающий давление редуктор. Степень понижения давления фиксируется двумя манометрами, установленными до и после редукционного клапана. С помощью диафрагмы создается перепад давления, который служит импульсом для работы измерителя расхода хлора. Затем хлор поступает в смеситель, смешивается с водопроводной водой, образуя хлорную воду, которая подсасывается эжектором и таким образом дозируется в обрабатываемую воду.

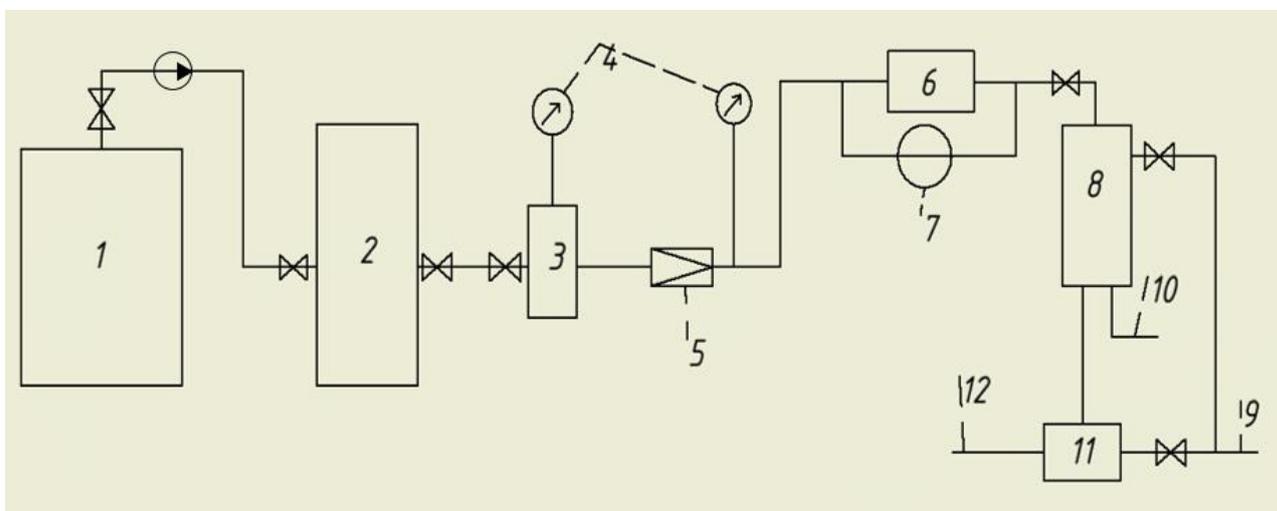


Рисунок 1 – 1 – исходная ёмкость с хлором; 2 — промежуточный баллон с хлором; 3 — фильтр со стекловатой; 4 — манометры; 5 — редукционный клапан для снижения давления хлоргаза; 6 — измерительная диафрагма; 7 — ротаметр; 8 — смеситель; 9 — подача водопроводной воды; 10 — слив в канализацию; 11 — эжектор, создающий разрежение в хлораторе; 12 — отвод хлорной воды.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ И ФАКТОРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЧС НА ОБЪЕКТЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

2.1. Анализ основных причин и последствий реализации ЧС на объекте водоснабжения

Объекты коммунального хозяйства являются стратегически важными объектами от их стабильного функционирования зависит уровень жизни населения, но предприятия также подвержены возникновению различных чрезвычайных ситуаций. Так на объектах водоснабжения возможны поломки трубопроводов, распределительных колонок или выход из строя насосов, что приводит к проблемам с подачей воды. Кроме того, на исследуемом объекте есть возможность возникновения пожара в результате нарушения правил пожарной безопасности или вследствие опасного природного явления. В данной работе решено было уделить внимание опасностям, связанным с наличием такого опасного вещества как хлор.

Хлор относится к сильнодействующим ядовитым веществам, что определяет потенциальную опасность аварии, возникающую при его производстве, хранении, транспортировании и применении. Основными причинами возникновения аварий, сопровождающихся утечками хлора, являются:

- разгерметизация запорной арматуры, фланцевых и сварных соединений;
- механические повреждения емкостного и трубопроводного оборудования, коррозионное и тепловое воздействие на него;
- взрыв трихлорида азота;
- попадание в сосуды с жидким хлором посторонних веществ (водород, углеводороды, вода и др.);
- гидравлический разрыв или разгерметизация сосудов (железнодорожные цистерны, танки, контейнеры, баллоны) при их переполнении жидким хлором;
- дефекты и усталостные явления в металле и сварных элементах сосудов и трубопроводов;

- ошибки, допущенные при проектировании, изготовлении, монтаже, ремонте и выполнении технологических операций в процессе производства, хранения и потребления хлора.

При аварийной утечке хлора опасность представляет не только от количество выброшенного хлора, но также оказывает влияние давление в сосуде или трубопроводе, агрегатное состояние выделяющегося хлора и температура окружающей среды. Так, например большую опасность представляют утечки жидкого хлора, так как при испарении 1 литра жидкого хлора образуется около 450 литров газообразного. Жидкий хлор – жидкость янтарного цвета, обладающая раздражающим и удушающим действием. Одной из причин утечки хлора через отверстие в резервуаре, места соединения трубопровода и сосуда или непосредственно через сам трубопровод является питтинговая коррозия стали. Чем больше «загазованность» атмосферы хлором, выше относительная влажность воздуха и температура (или её резкие перепады) тем более интенсивно протекает внешняя атмосферная коррозия. Также продукты коррозии приводят к «заклиниванию» штока в месте соединения корпуса резервуара и штока при проникновении влаги через штуцер вентиля баллона или непосредственно по штоку. Вследствие этого вентиль ёмкости, содержащей жидкий хлор, не открывается, что представляет собой потенциальную опасность, так как дальнейший коррозионный износ резервуара может привести к разрушению ёмкости или появлению утечек. К разрыву резервуара также может привести переполнение его жидким хлором или попадание в ёмкость с хлором посторонних веществ (органические вещества, вода и др.) [3].

Хлор — ядовитый газ. Содержание его в воздухе в количестве до 6 мг/м³ оказывает заметное раздражающее действие, концентрации в пределах 100–200 мг/м³ опасны для жизни. Предельно допустимая концентрация хлора в воздухе составляет 1 мг/м³. Количество хлора, содержащееся в баллоне емкостью 25 л, достаточно для создания смертельной концентрации в пространстве высотой 4 м и площадью 20 тыс. м² (140×140 м). Поэтому при работе с хлором необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. Газообразный хлор в 2,5 раза

тяжелее воздуха, поэтому он скапливается внизу помещения, в низких местах и медленно рассеивается в воздухе. Применение жидкого хлора на объектах водоснабжения осуществляется при производительности более 3000 м³/сутки. Хлорирование питьевых и сточных вод при расходе хлора до 50 кг/сутки (производительность станций — 5–10 тыс. м³/сутки), как правило, разрешается производить только из баллонов. При расходе хлора свыше 50 кг/сутки можно использовать бочки-контейнеры емкостью 1 000 л заводского изготовления, применение которых является наиболее целесообразным при расходе хлора более 250 кг/сутки (производительность станций — 25–50 тыс. м³/сутки). При использовании тары большой емкости целесообразно перекачивание жидкого хлора от склада к хлораторной по трубопроводам [5].

Воздействие хлора на организм оказывает негативное влияние: вызывает болезненные состояния, нарушает нормальную деятельность организма, при больших концентрациях возможен летальный исход. Проникновение хлора в организм возможно через:

- резорбтивно (кожные покровы или слизистые оболочки);
- перорально (через желудочно-кишечный тракт);
- ингаляторно (через органы дыхания).

Вещества, относящиеся к каждому из классов, обладают характеристиками и свойствами, определяющими их опасность при контакте с живыми организмами. По степени опасности их разделяют на следующие классы:

Высокоопасные соединения, относящиеся ко второму (2) классу, оказывают серьезное действие на организмы живых существ. Показатели опасных для жизни количеств для веществ, входящих во второй класс, несколько ниже, чем у чрезвычайно опасных. Они составляют от 15 до 150 миллиграмм на 1 кг массы тела перорально и от 100 до 500 миллиграмм на 1 кг при попадании на кожу. Допустимая концентрация в воздухе — от 0,1 до 1 миллиграмма на м³ [5].

Согласно ГОСТ 6718-93, хлор относится к высокоопасным веществам. Глубоко проникая в дыхательные пути, хлор вызывает отек легких и поражает легочную ткань. Хлор вызывает острые дерматиты с потением, отечностью и покраснением [6].

Хлор не является взрывоопасным веществом, но при контакте с водородом образует взрывоопасные смеси. Жидкий хлор поддерживает горение масел, жиров, растворителей и других органических веществ, при взаимодействии с горючими веществами пожароопасен.

На исследуемом объекте хранение хлора производится в специальной ёмкости в техническом помещении в количестве 1,5 т. Высота данного помещения составляет 6 м, длина, ширина соответственно 25x25 м. Один резервуар для хранения имеет объём 700 л. Хлораторная оснащена:

- искусственной и естественной вентиляцией;
- весы для контроля количества хлора в таре;
- аварийная система орошения и водоотведения;
- датчики контроля температуры;
- тельфер;
- 2 ёмкости объёмом 10 м³ и содержанием 10% раствора соды.

Транспортировка хлора производится на грузовых машинах, оборудованных креплением для ёмкости и подогревом в холодной период времени года, с Павлодарского химического завода. Выгрузка и дальнейшая установка на весы осуществляется подъемно-транспортным средством. Тельфер – подвесное грузоподъемное устройство с электрическим приводом [7]. Забор ёмкости с хлором производится непосредственно с машины, а отгрузка осуществляется на весы.

Установка ёмкости с жидким хлором на весы производится с целью контроля за расходом хлора. При смешении с водой хлор находится в газообразном состоянии, что осуществляется за счёт испарения жидкого хлора в промежуточном баллоне. При небольшом расходе возможно испарение в исходной ёмкости.

Производство, утилизация и заполнение ёмкостей с хлором происходит на Павлодарском химическом заводе.

Системы защиты на предприятии:

- автоматические системы обнаружения и контроля содержания хлора;
- вентиляция и освещение вне помещения хлораторной;
- аварийное электрическое освещение, питаемое от аварийных систем электропитания;
- дверь из тамбура в хлораторную герметически застеклена и оборудована смотровым окном;
- вытяжная вентиляция под потолком с 12-кратным воздухообменом;
- аварийная система орошения для создания водяной завесы;
- ёмкости объёмом 10 м³ с содержанием 10-процентного раствора гипосульфита (расход раствора 30 л на 1 кг хлора).

Главным поражающим фактором на химически опасных объектах, применяющих в производстве хлор, является химическое заражение, глубина зоны которого может достигать десятки километров. Аварии с выбросом хлора могут сопровождаться взрывами и пожарами. Следовательно, на химически опасных объектах возникновение зоны заражения хлором сопровождается, как правило, сложной пожарной обстановкой.

Продолжительность и масштаб заражения зависят от:

- количества хлора, выброшенного на местности, в атмосферу и источники воды;
- метеоусловий;
- физико-химических свойств хлора;
- характеристик объекта заражения.

2.2. Анализ причин возникновения возможных ЧС на исследуемом объекте

Для моделирования типовых сценариев развития ЧС и анализа возможных последствий ознакомимся с различными авариями на химически опасных объектах.

24 декабря 1939 года в Румынии произошла одна из крупнейших аварий, связанных утечкой хлора (24 т). Смертельные поражения получили 60 человек. Утечка хлора произошла вследствие разрыва оболочки ёмкости под действием гидравлического давления. Большая часть людей получивших смертельные поражения находилась вокруг резервуара с хлором, но также несколько человек находившихся на железнодорожной станции (250 метров от места аварии) погибли. Последствия данной аварии установили два печальных рекорда:

- наибольшее число погибших за всю историю аварий с выбросом хлора (60 чел.);
- наибольшее удаление от места аварии с выбросом хлора при смертельном поражении для пострадавшего (800 м от места аварии).

В момент возникновения аварии скорость ветра была относительно мала. Благодаря рельефу местности людям удалось избежать попадания в облако хлора, так как они вовремя успели взобраться на возвышенности.

Примеры аварий, произошедших на химически опасных объектах на период с 2016 по 2020 гг.

Таблица 1 – примеры аварий на химически опасных объектах за период 2016-2020 гг.

Пример аварии	Технические причины	Организационные причины
12 марта 2017 года в организации ПАО «КуйбышевАзот», г. Тольятти на наружной установке на отводе трубопровода отходящих газов от сепаратора произошла утечка продукта с последующим его возгоранием. В результате пожара на площадках наружной установки повреждены технологические трубопроводы (включая запорную и регулируемую арматуру), деформированы и разрушены площадки обслуживания и	<ul style="list-style-type: none"> - разгерметизация трубопровода отходящих газов из сепаратора поз. S5404, рег. № 3756; - попадание парогазовой струи утечки продуктов окисления циклогексана на находящийся под напряжением 220В силовой кабель, имеющий изоляцию из поливинилхлорида (кабели электроснабжения линий электрообогрева Н761, Н765, Н766). Короткое замыкание в силовом питающем кабеле, вызванное его деструкцией в результате непосредственного попадания потока реакционной массы. 	<ul style="list-style-type: none"> - не обеспечен необходимый контроль за проведением сварочных работ при монтаже трубопровода отходящих газов из сепаратора со стороны организации ООО «Профиль»; - отсутствие надлежащего контроля в процессе строительства и приемки объекта капитального строительства (производство циклогексанона цеха № 35) за выполнением работ, которые оказывают влияние на безопасность, со стороны ПАО «КуйбышевАзот»; - не определен порядок, периодичность проведения визуального осмотра оборудования под давлением

<p>защитные стены, оплавлены приборы КИПиА и коробка с электропроводкой.</p>		<p>в производстве циклогексанона цеха № 35 производства капролактама ПАО «КуйбышевАзот» с записью результатов осмотра и проверки в сменном журнале по рабочему месту;</p> <ul style="list-style-type: none"> - отсутствие производственного контроля со стороны ПАО «КуйбышевАзот» за соблюдением требований промышленной безопасности, установленных нормативными правовыми актами, в том числе определяющими требования к оборудованию, работающему под избыточным давлением [10].
<p>20 мая 2018 года в ОАО «Щекиноазот» в цехе компрессии и синтеза аммиака при операции раскочки жидкого аммиака из железнодорожной цистерны произошла разгерметизация сливного армированного шланга, в результате чего произошел выброс жидкого аммиака с последующей загазованностью прилегающей территории.</p>	<p>В результате длительной эксплуатации при воздействии внешних факторов (осадков, солнечной радиации, возможных механических воздействий) произошло ослабление внешней оплетки гибкого рукава, что в результате воздействия внутреннего давления привело к его разрыву в месте наибольшего ослабления армированного слоя.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - не определен порядок организации и проведения работ по изготовлению, техническому обслуживанию и ремонту съемных участков трубопроводов (гибких сливоналивных рукавов); - отсутствуют нормативные технические документы, разработанные эксплуатирующей организацией для проведения операций слива-налива жидкого аммиака в железнодорожные цистерны (применялись гибкие рукава с истекшим гарантийным сроком хранения и без установленного организацией-изготовителем срока службы); - не осуществлялся производственный контроль за изготовлением, монтажом, эксплуатацией и техническим обслуживанием съемных участков технологических трубопроводов (гибких сливоналивных рукавов) жидкого и газообразного аммиака на точке слива-налива жидкого аммиака в

		<p>цехе компрессии и синтеза аммиака;</p> <ul style="list-style-type: none"> - не организовано хранение рукава в соответствии с требованиями завода-изготовителя (рукав хранился в нарушение требований ТУ 2554-300-00149245-2008 свернутым в бухту) [11].
<p>19 марта 2020 года в АО «Новомосковская акционерная компания «Азот» на площадке отделения синтеза и дистилляции производства гранулированного карбамида произошел залповый выброс в атмосферу жидкого аммиака через фланцевое соединение вентиля запорного углового, расположенного на дренажном штуцере, на линии подачи жидкого аммиака в подогреватель жидкого аммиака (стальной участок трубопровода от коллектора нагнетания жидкого аммиака насосами до подогревателя жидкого аммиака).</p>	<p>Негерметичность фланцевого соединения клапана с технологическим трубопроводом жидкого аммиака из-за дефектов резьбы на штуцере, на который накручивается фланец.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - нарушение требований технологического регламента в части безопасной остановки технологического процесса с отключением поврежденного участка; низкая технологическая дисциплина персонала АО «НАК «Азот»»; - отсутствие должного контроля со стороны ответственных лиц АО «НАК «Азот», - в том числе в части контроля проведения монтажных работ, эксплуатации и технического обслуживания трубопроводной арматуры и технологических трубопроводов; - отсутствие контроля за аттестацией в области промышленной безопасности работников цеха Карбамид-2 АО «НАК «Азот».
<p>18 сентября 2020 года в организации АО «НАК «Азот» произошел взрыв на технологическом трубопроводе подачи синтез-газа в теплообменник стадии синтеза аммиака. В результате взрыва произошел залповый выброс азотоводородной смеси в атмосферу с последующим ее возгоранием.</p>	<p>Разрушение тройника, установленного на линии байпаса технологического трубопровода подачи синтез-газа в теплообменник стадии синтеза аммиака цеха Аммиак-3.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - отсутствие декларации о соответствии либо сертификата соответствия на тройник, установленный на байпасной линии теплообменника; - допущение к монтажу на байпасной линии теплообменника тройника при отсутствии документов, подтверждающих качество его изготовления; - непроведение гидравлических испытаний после монтажа тройника перед пуском - в эксплуатацию байпасной линии теплообменника;

		<ul style="list-style-type: none"> - отсутствие исполнительной (отчетной) документации с результатами гидравлических испытаний; - не осуществляется производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности в части проведения монтажных и ремонтных работ, эксплуатации технологических трубопроводов цеха Аммиак-3 [12].
--	--	--

При рассмотрении и анализе аварий на объектах химического комплекса выявили основные источники инициирования аварий: нарушения технологической дисциплины и нарушения при выполнении технологических и ремонтных работ.

К техническим и организационным причинам возможности возникновения аварий также относят нештатные действия персонала в случае аварийных ситуаций, недостаточные знания обслуживающим персоналом требований безопасного ведения технологических процессов, недостатки в организации производственного цикла и производственного контроля, неудовлетворительный уровень технологической и трудовой дисциплины, недостаточный уровень ответственности и влияния на безопасность управленческого звена и собственников поднадзорных организаций.

В 2020 году на ослабление производственного контроля по вопросам промышленной безопасности на опасных производственных объектах повлиял перевод сотрудников, связанный с введением мер ограничительного характера из-за распространения коронавирусной инфекции COVID-19.

Сравнительный анализ распределения аварий по видам в 2016–2020 годах приведен в табл. 2.

Таблица 2 – сравнительный анализ распределения аварий на химически опасных объектах за период 2016-2020 гг.

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Взрыв	2	1	1	1	2
Пожар	0	5	2	1	2
Выброс опасных веществ	1	0	3	0	4
Разгерметизация оборудования	2	0	1	0	0
Разрушение технических устройств	0	2	0	0	0
Итого:	5	8	7	2	8

Организационная причина аварий — неэффективность производственного контроля (табл. 3).

Таблица 3 – причины аварий на химически опасных объектах за период 2016-2020 гг.

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Технические причины					
Неудовлетворительное техническое состояние оборудования	40	25	0	0	60
Неисправность (отсутствие) средств ПАЗ, сигнализации	0	0	0	0	0
Несовершенство технологии или конструктивные недостатки	10	0	0	50	10
Отступление от требований проектной, технологической документации	40	50	50	0	0
Нарушение регламента ревизии или обслуживания тех. устройств	10	25	0	0	0
Нарушение регламента ремонтных работ или их качество	0	0	50	50	30
Наличие скрытых дефектов или неэффективность входного контроля	0	0	0	0	0
Организационные причины					
Использование в технических устройствах материалов частей, не соответствующих проекту	0	0	0	0	0
Несоответствие проектных решений условиям производства и обеспечения безопасности	0	0	0	0	0
Отсутствие автоматизации опасных операций, механизации работ	0	0	0	0	0
Неправильная организация производства работ	12,5	17	50	0	30
Неэффективность производственного контроля	62,5	50	50	100	40
Нарушение технологической дисциплины	0	17	0	0	10
Низкий уровень знаний требований промышленной безопасности	12,5	16	0	0	20
Неосторожные или несанкционированные действия исполнителей работ	12,5	0	0	0	0
Прочие причины	0	0	0	0	0

Одной из основных технических причин аварий на объектах, где используется хлор, является разгерметизация оборудования. Поэтому в данной работе были исследованы возможные причины разгерметизации ёмкости с хлором и промежуточного баллона. На основании проведенного анализа, было предложено дерево причин разгерметизации для основной емкости с хлором и промежуточного баллона (рис.2, 3).

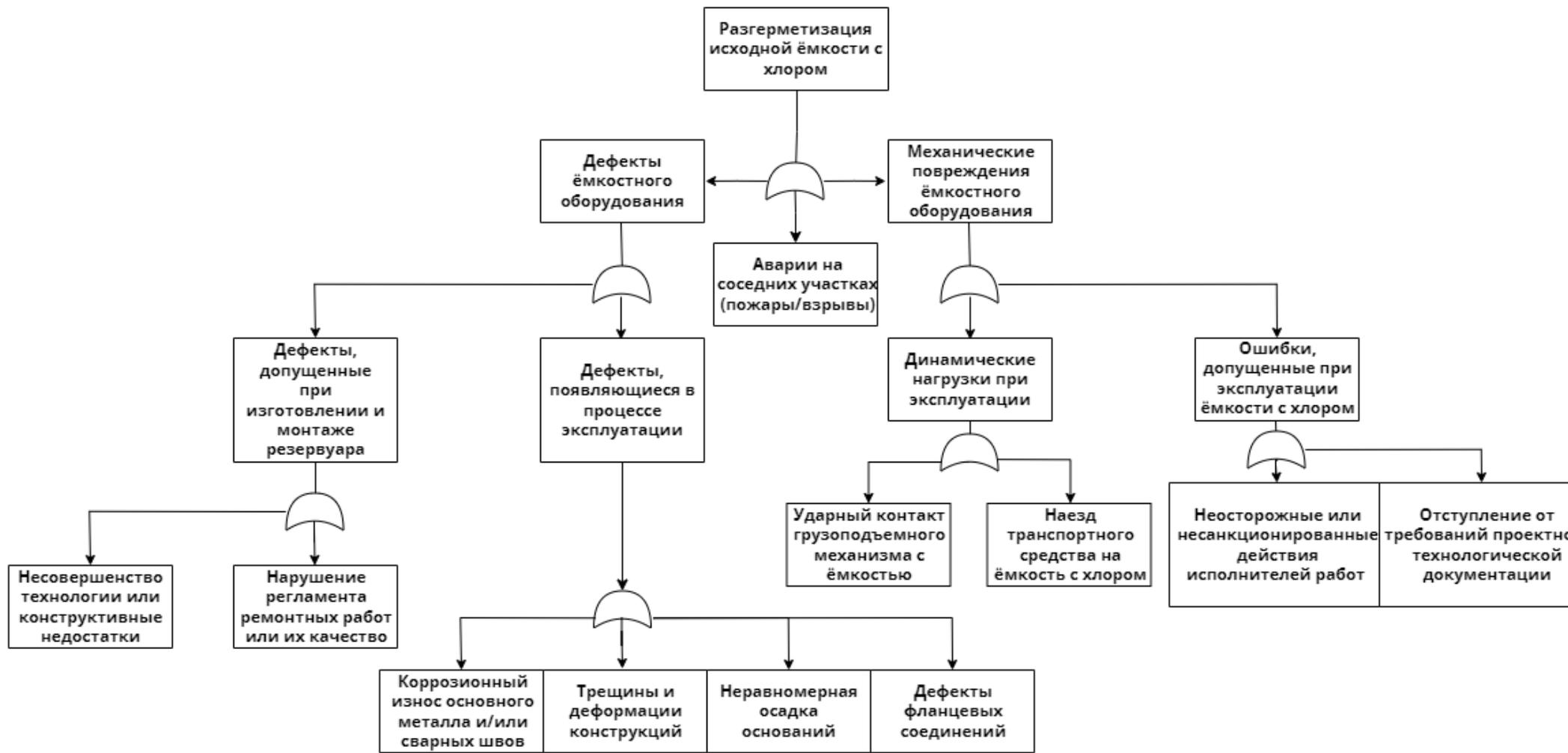


Рисунок 2 – «Дерево причин» разгерметизации основной ёмкости с хлором

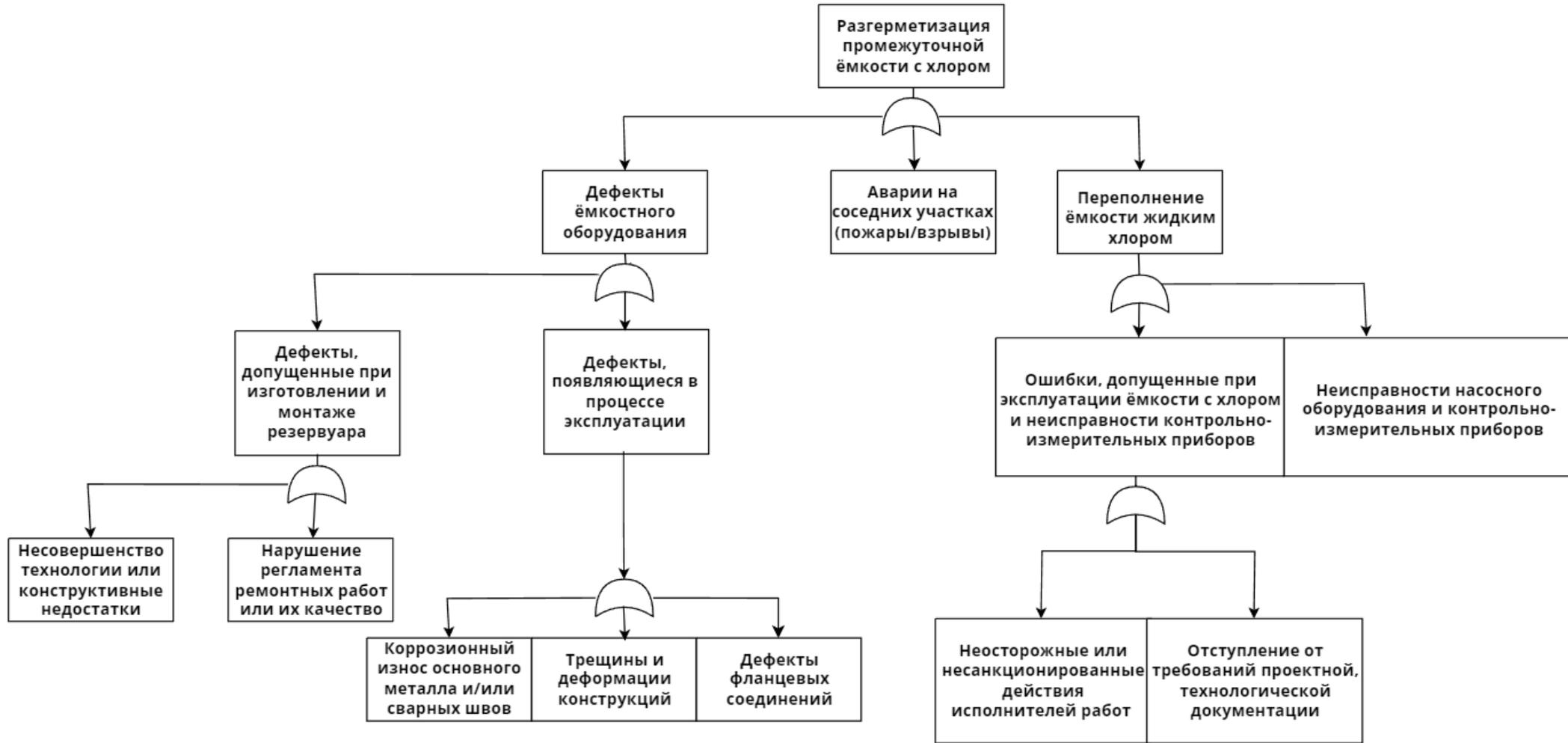


Рисунок 3 – «Дерево причин» разгерметизации промежуточной ёмкости с хлором

На рис. 2 представлено «дерево причин» разгерметизации исходной ёмкости с хлором. Разгерметизация может произойти вследствие аварии на соседних участках объекта. Это могут быть взрывы или пожары в других помещениях предприятия или на соседних объектах. В данной работе аналогичные причины более подробно рассматриваться не будут. Также возможно механическое повреждение ёмкостного оборудования (ёмкости или соединительных элементов). Повреждения могут произойти из-за различных динамических нагрузок при эксплуатации или по причине ошибок персонала. Под динамическими нагрузками в работе подразумевались ударный контакт с грузоподъёмными механизмами (например, обрыв тельфера) или наезд транспортного средства на ёмкость (при транспортировке емкостей хлора, разгрузке или постановке емкостей на весы и т.д.). Ошибки персонала могут произойти из-за несоблюдения требований проектной документации или неосторожные или несанкционированные действия исполнителей работ. Также одной из причин разгерметизации ёмкости с хлором могут служить дефекты ёмкостного оборудования, допущенные при изготовлении и монтаже резервуара и дефекты, появляющиеся в процессе эксплуатации. Основными факторами возникновения дефектов при изготовлении и монтаже резервуаров являются несовершенство технологии или конструктивные недостатки и нарушение регламента ремонтных работ или их качество. Дефекты, появляющиеся в процессе эксплуатации:

- коррозионный износ основного металла и/или сварных швов;
- трещины и деформации конструкций (отсутствие контроля за состоянием оборудования);
- неравномерная осадка оснований (возникает под действием давления и неравномерной поверхности ёмкости и весов);
- дефекты фланцевых соединений (износ оборудования и несвоевременный ремонт).

На рис. 3 представлено «дерево причин» разгерметизации промежуточной ёмкости с хлором. Одной из причин является возможность

возникновения аварии на соседних участках объекта. Так же как и при разгерметизации исходной ёмкости с хлором не исключаются различные дефекты ёмкостного оборудования, допущенные при изготовлении и монтаже резервуара и дефекты, появляющиеся в процессе эксплуатации.

Для промежуточной ёмкости характерны те же причины разгерметизации что и для основной ёмкости. Однако дополнительно есть возможность возникновения переполнения резервуара при неисправности контрольно-измерительных приборов. Причинами переполнения могут стать ошибки, допущенные при эксплуатации промежуточного баллона и различные неисправности насосного оборудования. Ошибки персонала могут произойти из-за несоблюдения требований проектной документации или неосторожные или несанкционированные действия исполнителей работ.

2.3. Экспертная оценка факторов и событий, приводящих к ЧС

Для проведения экспертной оценки объектом исследования взяли следующее событие: разгерметизация исходной ёмкости с хлором. В связи с тем, что основная ёмкость имеет большой объём жидкого хлора, данное событие может иметь необратимые последствия. Оценка вероятности реализации аварии с разгерметизацией исходной ёмкости с хлором проводилась методом экспертных оценок [16].

Метод экспертных оценок состоял из следующих этапов:

- создание опросного листа;
- опрос экспертов;
- обработка и представление полученных данных;
- анализ полученных данных.

Опросный лист, предложенный экспертам, представлен в Приложении 3. В качестве экспертов были выбраны 10 работников, имеющих большой опыт работы на предприятиях, эксплуатирующих хлор.

Экспертам было необходимо определить вероятность наступления события по 5-бальной шкале:

- 1 балл – очень низкая, скорее всего не произойдет (1-20 %);

- 2 балла – низкая, маловероятно, что произойдет (21-40 %);
- 3 балла – средняя, вероятно, что произойдет (41-60 %);
- 4 балла – высокая, скорее всего произойдет (61-80 %);
- 5 баллов – очень высокая, произойдет раньше, чем ожидается (81-100 %).

Результаты опросного листа представлены в Приложении 4.

С помощью программного пакета STATISTIKA производился статистический анализ.

Таблица 4 – Результаты вычисления коэффициента конкордации Кендалла и тест Фридмана

Событие	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1)			
	ANOVA Chi Sqr. (N = 10, df = 10) = 63,18031 p = ,00000 Coeff. of Concordance = ,63180 Aver. rank r = ,59089			
	Average Rank	Sum of Ranks	Mean	Std.Dev.
1	3,15	31,5	1,200	0,421637
2	6,55	65,5	2,000	0,666667
3	2,90	29,0	1,200	0,421637
4	6,10	61,0	1,900	0,737865
5	5,40	54,0	1,700	0,823273
6	6,75	67,5	2,000	0,471405
7	2,45	24,5	1,000	1,000000
8	8,25	82,5	2,400	0,699206
9	10,25	102,5	3,100	0,567646
10	7,10	71,0	2,100	0,316228
11	7,10	71,0	2,200	0,918937

В результате вычислений коэффициент конкордации составил 0.63, следовательно, степень согласованности мнений и степень надежности полученных оценок выше среднего.

Используя средние значения, определим наиболее вероятные события (события, у которых наибольший ранг является наиболее вероятным):

$$24.5 < 29.0 < 31.5 < 54.0 < 61.0 < 65.5 < 67.5 < 71.0 < 82.5 < 102.5 \Rightarrow$$

$$7, 3, 1, 5, 4, 2, 6, 10=11, 8, 9$$

Наименее вероятным является событие 7 (Неравномерная осадка оснований).

Наиболее вероятное – событие 9 (Неосторожные или несанкционированные действия исполнителей работ).

Также высокую вероятность имеют события 10, 11 и 8. К ним относятся: отступление от требований проектной, технологической документации, аварии на соседних участках (пожары/взрывы) и дефекты фланцевых соединений.

А к менее вероятным событиям можно отнести события 3 и 5. Несовершенство технологии или конструктивные недостатки и коррозионный износ основного металла и/или сварных швов соответственно.

Остальные события являются событиями средней вероятности.

Для определения вероятности головных событий составим таблицу вероятностей на основе экспертных оценок, представленных в Приложении 4.

Таблица 5 – вероятность возникновения событий

Об.	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сумма	Ср.
M1	Динамические нагрузки при эксплуатации												
B1	1	0,00001	0,0001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,0001	0,00028	0,000028
B2	2	0,0001	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01	0,01	0,02062	0,002062
M2	Дефекты, допущенные при изготовлении и монтаже резервуара												
B3	3	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,00028	0,000028
B4	4	0,0001	0,0001	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,00001	0,0001	0,01	0,01	0,02053	0,002053
M3	Дефекты, появляющиеся в процессе эксплуатации												
B5	5	0,00001	0,0001	0,00001	0,01	0,00001	0,0001	0,0001	0,00001	0,00001	0,01	0,02035	0,002035
B6	6	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01	0,01081	0,001081
B7	7	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,03116	0,00001
B8	8	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01	0,0001	0,0001	0,0001	0,01	0,1	0,12070	0,01207
M4	Ошибки, допущенные при эксплуатации ёмкости с хлором												
B9	9	0,01	0,01	0,0001	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	0,27010	0,02701
B10	10	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,01	0,0001	0,01090	0,00109
Г1	11	Аварии на соседних участках (пожары/взрывы)											
		0,0001	0,0001	0,01	0,0001	0,0001	0,0001	0,00001	0,00001	0,1	0,01	0,12052	0,012052

Рассчитаем вероятности головных событий:

- Формула для расчета оператора «или» [17]:

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

$$M_1 = 1 - (1 - B_1)(1 - B_2) = 1 - (1 - 0,000028)(1 - 0,002062) = 0,00209$$

$$M_2 = 1 - (1 - B_3)(1 - B_4) = 1 - (1 - 0,000028)(1 - 0,002053) = 0,00209$$

$$\begin{aligned} M_3 &= 1 - (1 - B_5)(1 - B_6)(1 - B_7)(1 - B_8) \\ &= 1 - (1 - 0,002035)(1 - 0,001081)(1 - 0,00001)(1 - 0,01207) \\ &= 0,01516 \end{aligned}$$

$$M_4 = 1 - (1 - B_9)(1 - B_{10}) = 1 - (1 - 0,02701)(1 - 0,00109) = 0,02807$$

Вероятность возникновения механического повреждения ёмкостного оборудования:

$$\Gamma_2 = 1 - (1 - M_1)(1 - M_4) = 1 - (1 - 0.00209)(1 - 0.02807) = 0.0301$$

Вероятность возникновения дефектов ёмкостного оборудования:

$$\Gamma_3 = 1 - (1 - M_2)(1 - M_3) = 1 - (1 - 0.00209)(1 - 0.01516) = 0.0172$$

Таблица 6 – вероятность возникновения головных событий

№	Событие	Вероятность
1	Дефекты ёмкостного оборудования	0.0172
	Дефекты, допущенные при изготовлении и монтаже резервуара	0.00209
	Дефекты, появляющиеся в процессе эксплуатации	0.01516
2	Аварии на соседних участках (пожары/взрывы)	0.0121
3	Механические повреждения ёмкостного оборудования	0.0301
	Динамические нагрузки при эксплуатации	0.00209
	Ошибки, допущенные при эксплуатации ёмкости с хлором	0.02807

Анализируя таблицу 6 можно сделать вывод, что самой наиболее вероятной причиной разгерметизации исходной ёмкости с хлором являются механические повреждения ёмкостного оборудования, так как вероятность ошибок, допущенных при эксплуатации ёмкости самая высокая.

Наименее вероятным событием являются возможные аварии на соседних участках.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Построение и анализ «дерева событий» последствий реализации ЧС на объекте водоснабжения

С целью определения и анализа последовательности возможных вариантов развития аварии, приводящих к воздействию тех или иных поражающих факторов на людей, природные и антропогенные объекты предложим «дерево событий».

Для построения «дерева событий» последствий реализации ЧС на объекте водоснабжения рассмотрим наиболее вероятные сценарии развития чрезвычайных ситуаций и их последствий при разгерметизации исходной ёмкости с хлором, так как последствия данной аварии наиболее ущербные.

Таблица 7 – возможные сценарии возникновения ЧС на объекте водоснабжения

№ сценария	Головное событие	Возможные последствия
Сценарий С ₁	Механические повреждения ёмкости с хлором при её эксплуатации	Разгерметизация ёмкости с хлором – утечка хлора – своевременные действия персонала по локализации аварии
Сценарий С ₂	Механические повреждения ёмкости с хлором при её эксплуатации	Разгерметизация ёмкости с хлором – утечка хлора – образование первичного облака – распространение первичного облака в воздухе – растекание оставшейся части хлора по поверхности и испарение – формирование вторичного облака – распространение вторичного облака в воздухе – химическое заражение окружающей среды, токсическое поражение людей
Сценарий С ₃	Попадание в сосуды с жидким хлором посторонних веществ	Взрыв трихлорида азота – разгерметизация ёмкости с хлором – выброс большого количества хлора – мгновенное образование первичного облака – распространение первичного облака в воздухе – растекание оставшейся части хлора по поверхности и испарение – формирование вторичного облака – распространение вторичного облака в воздухе – химическое заражение окружающей среды, токсическое поражение людей
Сценарий С ₄	Разгерметизация запорной арматуры или трубопровода	Утечка хлора – образование первичного облака – распространение первичного облака в воздухе – растекание оставшейся части хлора по поверхности и испарение – токсическое поражение людей

Составим «дерево событий» по Сценарию С₂, так как при экспертной оценке факторов и событий, приводящих к ЧС на исследуемом объекте, выявили, что это наиболее вероятный сценарий развития возможных последствий аварии.



Рисунок 4 – Дерево последствий разгерметизации ёмкости с хлором при её эксплуатации по Сценарию С₂

3.2. Расчет вероятных зон действия поражающих факторов

Рассмотрим пример возможной чрезвычайной ситуации на исследуемом объекте водоснабжения. В 10 часов утра на предприятии произошла разгерметизация исходной ёмкости с хлором ($Q_0 = 0.75$ т хлора), хранившегося под давлением. Плотность населения составляет $P = 5243$ чел/км²

По справочным данным найдем:

- плотность жидкой фазы хлора ($\rho_{ж} = 1.558$ т/м³);
- коэффициент, зависящий от условий хранения ОХВ ($k_1 = 0.18$);
- коэффициент, зависящий от физико-химических свойств ОХВ ($k_2 = 0.052$);
- коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора ($k_3 = 1$);
- коэффициент, учитывающий скорость ветра w_v ($k_4 = 1.5$);
- коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы (для инверсии $k_5 = 1$);
- коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха ($k_7 = 1$);
- скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при заданной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости атмосферы (12.5 км/ч) [РД].

Для расчета последствий возможной аварии приняли следующие метеоусловия:

- инверсия;
- скорость ветра $w_v = 2.5$ м/с;
- температура воздуха в помещении $t_b = +15$ °С.

Определим глубину распространения хлора в воздухе через 1,5 часа (примерное время ликвидации аварии) после разгерметизации ёмкости с хлором.

1. Для расчета глубины заражения необходимо найти эквивалентное количество ОХВ для первичного и вторичного облаков.

1.1. Согласно нормативным документам толщину слоя разлившегося хлора принимаем равной:

$$h = 0.05 \text{ м}$$

1.2. Зная толщину слоя и плотность жидкой фазы хлора, рассчитаем время испарения хлора:

$$\tau_{\text{исп}} = \frac{h \cdot \rho_{\text{ж}}}{k_2 \cdot k_4 \cdot k_7} = \frac{0.05 \cdot 1.558}{0.052 \cdot 1.5 \cdot 1} = 0,999 \text{ ч}$$

т.к. $\tau > \tau_{\text{исп}}$, следовательно коэффициент, учитывающий время, прошедшее с начала аварии, принимаем равный:

$$k_6 = \tau^{0.8} = 0.999^{0.8} = 0.999$$

1.3. Определим эквивалентное количество хлора в первичном облаке:

$$Q_{\text{э1}} = k_1 \cdot k_3 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot Q_0 = 0.18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.75 = 0.135 \text{ т}$$

1.4. Эквивалентное количество хлора во вторичном облаке:

$$\begin{aligned} Q_{\text{э2}} &= \frac{(1 - k_1) \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot Q_0}{h \cdot \rho_{\text{ж}}} \\ &= \frac{(1 - 0.18) \cdot 0.052 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.5 \cdot 0.999 \cdot 1 \cdot 0.75}{0.05 \cdot 1.558} = 0.615 \text{ т} \end{aligned}$$

2. Определим глубину зоны заражения для нахождения площади зоны фактического заражения.

2.1. Глубины зон заражения первичными и вторичными облаками составили (Приложение 3) $\Gamma_1 = 0.84 \text{ км}$, $\Gamma_2 = 1.91 \text{ км}$ ($\Gamma_1 < \Gamma_2$).

Полная глубина зоны заражения равна:

$$\Gamma_{\text{зар}} = \begin{cases} \Gamma_1 + 0.5 \cdot \Gamma_2, & \text{если } \Gamma_1 > \Gamma_2 \\ \Gamma_2 + 0.5 \cdot \Gamma_1, & \text{если } \Gamma_1 < \Gamma_2 \end{cases} = 1.91 + 0.5 \cdot 0.84 = 2.33 \text{ км}$$

Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс:

$$\Gamma_{\text{пред}} = u \cdot \tau_{\text{исп}} = 12.5 \cdot 1.5 = 18.75 \text{ км}$$

2.2. Истинная глубина зоны заражения:

$$\Gamma = \min\{\Gamma_{\text{зар}}, \Gamma_{\text{пред}}\} = \min\{2.33 \text{ км}, 18.75 \text{ км}\} = 2.33 \text{ км}$$

2.3. Площадь зоны фактического заражения:

$$S_{\text{ф}} = k_8 \cdot \Gamma^2 \cdot \tau^{0.2} = 0.081 \cdot 2.33^2 \cdot 1.5^{0.2} = 0.48 \text{ км}^2$$

2.4. Радиус зоны фактического заражения:

$$R = \sqrt{\frac{S_{\text{ф}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.48}{3.14}} = 0.391 \text{ км}$$



Рисунок 5 – расчётное значение радиуса зоны фактического заражения

На рис. 5 видно, что в радиус зоны фактического заражения попадают жилые здания, также другие хозяйственные корпуса данного объекта и автозаправочная станция, что, в свою очередь, увеличивает количество людей, попадающих в данную зону.

На рис. 6 и в табл. 8 представлена роза ветров города Аксу относительно исследуемого объекта водоснабжения.

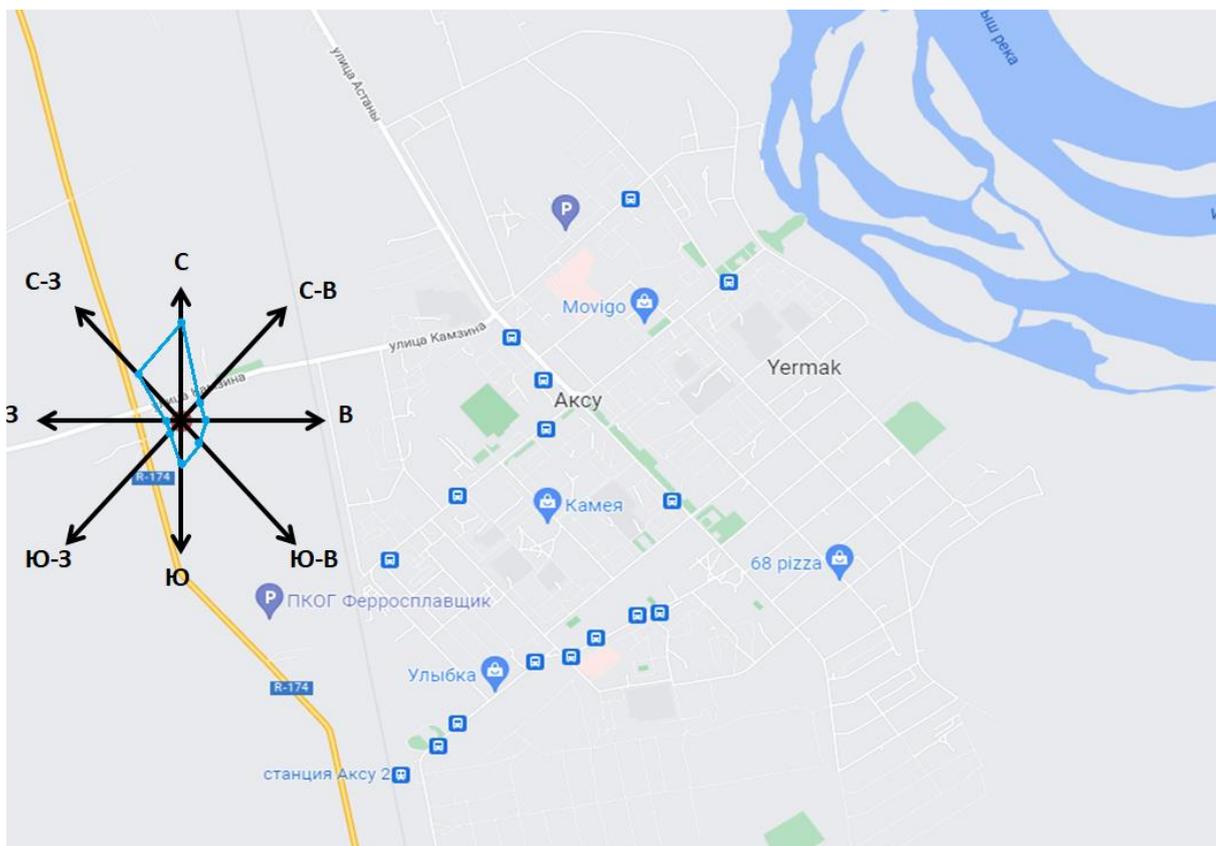


Рисунок 6 – Роза ветров на территории расположения рассматриваемого объекта

Таблица 8 – частота направления ветра на территории расположения исследуемого объекта

Направление ветра	Частота
Северный	39.7%
Северо-восточный	5.7%
Восточный	5.4%
Юго-восточный	8.5%
Южный	15.1%
Юго-западный	2.5%
Западный	2.4%
Северо-западный	20.7%

Преимущественно северное и северо-западное направление ветра. Частота направления ветра в сторону населенного пункта минимальна (5.4-8.5%), но так как вероятность не исключается в расчетах, учитывается городское население.

3. Прогнозирование количества пострадавших, оказавшихся в зоне фактического заражения.

3.1. Количество людей, попавших в зону фактического заражения:

$$N = P \cdot S_{\phi} = 5243 \cdot 0.48 = 2517 \text{ чел.}$$

3.2. Определим число пораженных с учетом защищенности населения. Для этого с помощью методических рекомендаций определим значения коэффициента защищенности:

- население находилось в жилых зданиях – 22% ($K_{\text{защ}} = 0.59$);
- в производственных зданиях – 50% ($K_{\text{защ}} = 0.17$);
- в транспорте и на улице без средств защиты – 28% ($K_{\text{защ}} = 0$).

Среднее значение коэффициента защищенности:

$$K_{\text{защ}} = 0.22 \cdot 0.59 + 0.5 \cdot 0.17 + 0.28 \cdot 0 = 0.21$$

3.3. Далее определим число пораженных:

$$N_{\text{пор}} = N \cdot (1 - K_{\text{защ}}^{\text{ср}}) = 2517 \cdot (1 - 0.21) = 1988 \text{ чел.}$$

3.4. Зная долю пострадавших от их общего количества, следует ожидать следующее распределение пострадавшего населения по степеням тяжести поражения ОХВ:

- смертельные поражения:

$$N_{\text{см}} = 0.1 \cdot N_{\text{пор}} = 0.1 \cdot 1988 = 199 \text{ чел.};$$

- поражения тяжелой и средней степени тяжести:

$$N_{\text{т и ср}} = 0.15 \cdot N_{\text{пор}} = 0.15 \cdot 1988 = 298 \text{ чел.};$$

- легкие поражения:

$$N_{\text{лег}} = 0.2 \cdot N_{\text{пор}} = 0.2 \cdot 1988 = 398 \text{ чел.};$$

- пороговые поражения:

$$N_{\text{порог}} = 0.55 \cdot N_{\text{пор}} = 0.55 \cdot 1988 = 1093 \text{ чел.};$$

3.5. Приближено можно определить пространственное распределение зон заражения с разной степенью поражения людей:

- глубина зоны, где могут быть смертельные поражения:

$$\Gamma_{\text{см}} = 0.3 \cdot \Gamma = 0.3 \cdot 2.33 = 0.699 \text{ км}$$

- глубина зоны, где могут быть поражения не ниже средней степени тяжести:

$$\Gamma_{\text{т и ср}} = 0.5 \cdot \Gamma = 0.5 \cdot 2.33 = 1.165 \text{ км}$$

- глубина зоны, где могут быть поражения не ниже легкой степени:

$$\Gamma_{\text{см}} = 0.7 \cdot \Gamma = 0.7 \cdot 2.33 = 1.631 \text{ км}$$

Таким образом, глубина зоны заражения Γ (км) составит 2.33 км, зоны смертельного поражения людей – 0.699 км, зоны средней степени тяжести – 1.165 км, зоны легкой степени – 1.631 км. При этом смертельные поражения получают 199 человек, поражения тяжелой и средней степени тяжести – 298 чел., легкие поражения – 398 чел., а пороговые поражения – 1093 чел.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

4.1. Расчет сил и средств для постановки водяной завесы

Для ограничения распространения и нейтрализации хлорного облака одной из мер защиты населения, животных и окружающей среды от химически опасного заражения является построение водяной завесы. Она создаёт преграду, которая препятствует распространению хлорно-воздушной смеси, а также снижает концентрацию хлора за счёт интенсивного перемешивания с воздухом.

При применении данного способа имеет большое значение правильно выбранная схема постановки водяных завес и их параметров. А такие факторы как данные о площади разлива, концентрации хлора в приземном слое воздуха и скорость ветра являются основополагающими.

Данные по наличию стволов распылителей, боевого расчета, автоцистерн и их производительности используются в соответствии с оснащённостью пожарных частей на территории Павлодарской области.

Исходя из расчётов выше, проведём расчет сил и средств для построения водяной завесы:

1. При определении требуемого расхода воды (Q_v) необходимо знать скорость испарения паров хлора со всей площади разлива:

$$V_{\text{исп}} = \frac{0.28W_0}{\tau_{\text{исп}}} = \frac{0.28 \cdot 0.75}{0.999} = 0.21 \text{ т/ч}$$

$$Q_v = Q_{\text{уд}} \cdot K_{\text{дсв}} \cdot V_{\text{исп}} = 136 \cdot 4 \cdot 210 = 114240 \text{ л/ч}$$

где W_0 – масса разлитого хлора;

$Q_{\text{уд}} = 136$ л/кг (удельный расход воды на осаждение хлора);

$K_{\text{дсв}}$ – коэффициент учитывающий дисперсность струй воды, ее температуру и концентрацию паров хлора в облаке (принимается равным 3-6) [13].

2. Количество распылителей необходимых для осаждения паров хлора:

$$N_p = \frac{Q_v}{q} = \frac{114240}{26640} = 5 \text{ шт.}$$

где q - расход одного ствола (расход распыленной струи ствола РС-70 – 7.4 л/с).

3. При определении необходимого количества пожарных автомобилей с учетом тактических возможностей пожарных подразделений следует исходить из того, что одно отделение в среднем может обеспечить работу четырех стволов РС-70:

$$N_{\text{ПА}} = \left(\frac{N_p}{N_0}\right) \cdot K_{\text{зп}} = \left(\frac{5}{4}\right) \cdot 1.3 = 2 \text{ шт}$$

где N_0 – количество стволов с насадками РС-70 на автоцистерне составляет 4 шт.;

$K_{\text{зп}}$ – коэффициент, учитывающий запас расчётов на АЦ, равный для лета 1,3; для зимы – 1,5 [13].

Численность личного состава необходимая для создания водяной завесы:

$$N_{\text{лс}} = N_{\text{ПА}} \cdot N_{\text{БР}} = 2 \cdot 6 = 12 \text{ чел.}$$

где $N_{\text{лс}}$ – численность личного состава формирований, чел.; $N_{\text{БР}}$ – численность личного состава для обеспечения работы одной машины.

Рассчитаем фактический расход воды из всех стволов для создания водяной завесы равен:

$$Q_{\text{ф}} = \sum_{i=1}^n N_p \cdot g = 5 \cdot 7.4 = 37 \text{ л/с}$$

Определим необходимый запас воды для осаждения и нейтрализации хлора:

$$W_{\text{в}} = Q_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{исп}} \cdot k_{\text{зв}} = 37 \cdot 3596.4 \cdot 3 = 399200.4 \text{ л} = 399 \text{ м}^3$$

где – коэффициент запаса воды ($k_{\text{зв}} = 3$) [13].

Рассчитаем количество личного состава для ведения действий по ограничению и устранению аварии. При этом учитывается обстановка на объекте, тактические условия постановки завесы, действия, связанные с разведкой, спасания людей, материальных ценностей и другое. Средний и старший начсостав, а также водители в расчете требуемой численности не

учитываются. Принимая во внимание вышеуказанное, определим численность личного состава [14]:

$$N_{\text{лич.сост}} = N_{\text{ст}} + N_{\text{м}} + N_{\text{р}} + N_{\text{пб}} + N_{\text{св}} = 10 + 2 + 2 + 2 + 2 = 18 \text{ чел.}$$

где $N_{\text{ст}}$ – количество людей занятых на позициях ствольщиков;

$N_{\text{м}}$ – количество людей занятых за контролем насосно-рукавных систем (по числу автомобилей);

$N_{\text{р}}$ – количество людей, проводящих инженерную разведку;

$N_{\text{пб}}$ – количество людей, занятых на постах безопасности;

$N_{\text{св}}$ – количество связных.

Определяем требуемое количество отделений на основных пожарных автомобилях по формуле:

$$N_{\text{отд}} = \frac{N_{\text{лс}}}{N_{\text{БР}}} = \frac{18}{6} = 3 \text{ отд.}$$

где $N_{\text{лс}}$ – требуемая численность личного состава для выполнения работ по ограничению аварии без привлечения других сил (рабочих, служащих, воинских подразделений);

$N_{\text{БР}}$ – численность боевого расчета отделения на основных пожарных автомобилях.

Результаты расчета необходимого состава и количества сил и средств нужных для участия в устранении возможной аварии показали, что необходимо привлечь:

- две автоцистерны с наличием пяти стволов РС-70;
- водоисточник с достаточным запасом воды (так как объёма автоцистерн будет недостаточно для полученного запаса воды);
- 18 человек личного состава.

Из расчетов следует, что для создания водяной завесы необходимо будет привлечь силы других пожарных частей, так как одна не может обеспечить 18 человек личного состава.

4.2. Предложение рекомендаций по снижению вероятности реализации и минимизации последствий при возникновении ЧС

Чтобы снизить вероятность возникновения какой-либо чрезвычайной ситуации, необходимо разработка и внедрение организационно-технических и других мероприятий. На основании результатов экспертного оценивания, были выявлены наиболее вероятные причины возникновения аварий. Рассмотрим перечень возможных мероприятий, направленных на снижение вероятности реализации наиболее значимых причин рассматриваемой ЧС.

Наиболее вероятной причиной являются механические повреждения ёмкостного оборудования вследствие ошибок, допущенных при эксплуатации ёмкости с хлором. Для снижения вероятности механического повреждения емкости возможно внедрение следующих организационных мероприятий:

- контроль и надзор за соблюдением технологического процесса;
- проведение повторных инструктажей для персонала при работе с химически опасными веществами;
- анализ и учет возникновения возможных аварийных ситуаций, произошедших при выполнении аналогичных работ, с целью недопущения повторения подобных событий;
- своевременное информирование сменного персонала о возможных отклонениях от заданных режимов работ.

В качестве технических мероприятий по снижению возможных динамических нагрузок может быть предложена установка ограждения вокруг ёмкости и ёмкостного оборудования. Во избежание наезда транспортного средства - использование обозначения сигнальной разметкой, знаками безопасности и, по возможности, раздел физическими барьерами, также можно использовать сферические зеркала в зоне движения транспорта.

Одним из вероятных факторов возникновения ЧС являются дефекты фланцевых соединений. При их монтаже и ремонте необходимо использовать металлополимерные композиции, которые также называются холодной молекулярной сваркой. Применение данного способа является наиболее

эффективным в связи с высокой химической стойкостью полимеров к различным агрессивными средам, простотой применения и относительно низкой стоимостью материалов в сравнении с металлами [15]. С целью повышения герметичности фланцевых соединений, а также сварных швов ёмкостного оборудования можно использовать анаэробные клеи-фиксаторы или анаэробные герметики.

При расчетах возможной зоны заражения выявили, что при полной разгерметизации исходной ёмкости с хлором в зону фактического заражения попадают жилые здания. Для снижения поражения населения необходимо иметь автоматическую систему оповещения населения при утечке хлора, также проводить такие организационные мероприятия, как обучение населения действиям в случае возникновения ЧС по средствам раздаточного материала или обучающих плакатов. В связи с необходимостью минимизации последствий аварии ёмкость с хлором должна иметь поддон или обваловку. Отсутствие поддона является несоблюдением Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора [4]. Поддоны оборудуются с целью сбора разлившейся жидкости в случае её утечки. Глубина поддона рассчитывается таким образом, чтобы в нем могли разместиться запасы, содержащиеся в наибольшем резервуаре на 0.2 м ниже от верхнего уровня поддона.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Целью раздела «Социальная ответственность» является создание оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышение его производительности, сохранение работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

Объекты коммунального хозяйства являются объектами жизнеобеспечения от их функционирования зависит работа всей городской среды, следовательно, важно, чтобы на таких объектах не происходило различных аварий и ЧС.

В состав рассматриваемого объекта входят: здание объекта водоснабжения. В здании находится хлораторная, которая оснащена двумя контейнерами с хлором вместимостью по 700 м³ каждый, тельфером, весами и пожарной автоматикой.

В рабочей зоне осуществляется мониторинг и контроль измерительных приборов во время плановых обходов. Хлораторная оснащена пожарной автоматикой для создания водяной завесы в случае утечки хлора. Для контроля объема хлора ёмкости установлены на весах. Контроль за температурой в помещении устанавливается по средствам температурных датчиков. Также в случае утечки хлора имеется вентиляция, а работы проводятся в средствах индивидуальной защиты.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. 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.

Основными задачами трудового законодательства являются создание необходимых правовых условий для достижения оптимального согласования

интересов сторон трудовых отношений, интересов государства, а также правовое регулирование трудовых отношений [18].

Заработная плата - вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также компенсационные выплаты и стимулирующие выплаты.

Тарифная ставка - фиксированный размер оплаты труда работника за выполнение нормы труда определенной сложности (квалификации) за единицу времени без учета компенсационных, стимулирующих и социальных выплат.

Оклад (должностной оклад) - фиксированный размер оплаты труда работника за исполнение трудовых (должностных) обязанностей определенной сложности за календарный месяц без учета компенсационных, стимулирующих и социальных выплат

Базовый оклад (базовый должностной оклад), базовая ставка заработной платы - минимальные оклад (должностной оклад), ставка заработной платы работника государственного или муниципального учреждения, осуществляющего профессиональную деятельность по профессии рабочего или должности служащего, входящим в соответствующую профессиональную квалификационную группу, без учета компенсационных, стимулирующих и социальных выплат.

Нормирование труда - исследование количества выполняемой сотрудником работы за промежуток времени, что позволяет оценить трудоемкость работ. Нормы труда устанавливает работодатель с учетом действующих типовых норм, в том числе межотраслевых [19].

Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере. Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда. Конкретные размеры повышения оплаты труда

устанавливаются работодателем с учетом мнения представительного органа работников в порядке, установленном статьей 372 настоящего Кодекса для принятия локальных нормативных актов, либо коллективным договором, трудовым договором.

5.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Хлораторная размещается в отдельном самостоятельном помещении, не имеющем сообщений с другими. В хлораторной есть два выхода непосредственно наружу. Размещение хлораторных в одном помещении со складами хлора обеспечивает условия для механизированной подачи хлора по трубопроводам и постоянный надзор. При расположении хлораторной в отдельном помещении разрешается хранить в нем трехсуточный запас хлора. Хлораторная оборудована центральным отоплением, обеспечивающим температуру воздуха в помещении 12–15 °С, и механической приточной вытяжной вентиляцией с 12-кратным воздухообменом в час [20].

Количество жидкого хлора, хранящегося в стационарных емкостях и хлорной таре, должно быть минимально необходимым для обеспечения производственного цикла и обосновываться проектом с учетом конкретных условий эксплуатации объекта [21].

Склады жидкого хлора должны располагаться ниже по отношению к другим близлежащим зданиям и сооружениям и преимущественно с подветренной стороны преобладающих направлений ветров относительно места расположения ближайших населенных пунктов. На территории склада жидкого хлора должен быть установлен указатель направления ветра, видимый из любой точки территории склада.

5.2. Производственная безопасность

Работа выполняется в хлораторной с определенной периодичностью. Класс условий труда соответствует 4 (опасные условия труда). В таблице 1 представлены возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте.

Таблица 9 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте

	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные факторы	1. Факторы, связанные с опасностью химических веществ при попадании через органы дыхания.	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [22].
	2. Факторы, связанные с опасностью химических веществ при попадании через открытые раны.	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [22].
	3. Поверхности твердых или жидких объектов, о которые ударяются движущиеся части тела, работающего.	ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности [23].
	4. Движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (движущиеся машины и механизмы).	ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности [23].
	5. Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [24].

	6. Короткое замыкание в электроустановке.	ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках [25].
Вредные факторы	1. Отсутствие или недостаток необходимого освещения.	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [29].
	2. Повышенный уровень вибрации.	ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация.[27].
	3. Повышенный уровень шума.	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [28].
	4. Микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего.	ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением № 1) [30].
	5. 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 [31].

5.2.1. Факторы, связанные с опасностью химических веществ при попадании через органы дыхания

Источник возникновения фактора: разгерметизация ёмкости с хлором, утечка хлора. Действие фактора: риск отравления газом, летальный исход. Меры профилактики [22]: применение средств дегазации и контроль за содержанием

вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с требованиями, использование средств индивидуальной защиты органов дыхания, проведение инструктажей по охране труда и по оказанию доврачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении. Предельно допустимая концентрация хлора в воздухе рабочей зоны производственного помещения составляет 1 мг/м^3 , однако человек начинает ощущать хлор в атмосферном воздухе при превышении концентрации 3 мг/м^3 . Следовательно, если чувствуется резкий удушливый запах хлора, то работать без средств защиты уже опасно. Раздражающее действие возникает при концентрации около 10 мг/м^3 .

Условия труда по опасному фактору – воздух рабочей зоны на рассматриваемом объекте соответствуют нормам.

5.2.2. Факторы, связанные с опасностью химических веществ при попадании через открытые раны

Источник возникновения фактора: разгерметизация ёмкости с хлором, утечка хлора, неправильные действия персонала. Действие фактора: риск получение химического ожога или обморожения, летальный исход (средняя смертельная доза при нанесении на кожу составляет $100\text{-}500 \text{ мг/кг}$). Меры профилактики [22]: контроль за состоянием оборудования в соответствии с требованиями, использование средств индивидуальной защиты, проведение инструктажей по охране труда и по оказанию доврачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении.

Условия труда по опасному фактору – контроль за правильной эксплуатацией химического вещества на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

5.2.3. Поверхности твердых или жидких объектов, о которые ударяются движущиеся части тела, работающего

Поверхности объектов, о которых может получить удар, работающий на исследуемом объекте, являются ёмкости, трубопроводы, предохранительные клапаны и т.п. Для предотвращения травматизма части производственного оборудования, механическое повреждение которых может вызвать

возникновение опасности, должны быть защищены ограждениями или расположены так, чтобы это снизило вероятность травматизма. [23].

Условия труда по опасному фактору – поверхности объектов, о которые ударяются движущиеся части тела рабочего, на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

5.2.4. Движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (движущиеся машины и механизмы)

Причинами ударов по телу работающего служат движущиеся машины и механизмы. Они могут возникнуть вследствие невнимательности работающего персонала или нарушения технологического режима, все это может повлечь травмирование или смертельный исход.

Основным требованием к конструкции оборудования является надежность обеспечения безопасности возможности осмотра и своевременный ремонт. Также для снижения травматизма используются такие мероприятия как установка ограждений и предупреждающих знаков [26].

Условия труда по опасному фактору – движущиеся машины и механизмы на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

5.2.5. Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Для электробезопасности проводятся различные инструктажи, своевременное и качественное проведение технического обслуживания, планово-предупредительного ремонта, модернизации и реконструкции электроустановок, учет, рациональное расходование электрической энергии и проведение мероприятий по энергосбережению. Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи для человека устанавливаются ГОСТ 12.1.038-82 [24] при аварийном режиме работы электроустановок постоянного тока частотой 50 и 400 Гц. Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока — 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц соответственно - 2 В и 0,4 мА; для постоянного тока — 8 В и 1 м (не более 10 мин в сутки).

Условия труда по опасному фактору – действие электрического тока на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

5.2.6. Короткое замыкание в электроустановке

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 ГОСТ 12.1.038-82 [24].

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.

Условия труда по опасному фактору – короткое замыкание в электроустановке на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

5.2.7. Освещение

Недостаточное освещение рабочего места вызывает быструю усталость и болезни глаз, снижает внимательность значительно уменьшает производительность труда, а также увеличивает вероятность несчастных случаев на производстве. Согласно нормам искусственного освещения, нормируемая освещенность в хлораторной должна составлять 50 лк [29].

Рекомендуется порядок мероприятий по устройству освещения: определение площади, подлежащей освещению, площади наибольшей концентрации работ; установление нормы освещенности поля зрения в зависимости от разряда зрительных работ; выбор системы освещения; выбор источников света и расчета их необходимого количества; выполнение проекта распределения осветительных средств с учетом параметров их установки и необходимости обеспечения равномерного распределения светового потока.

Условия труда по вредному фактору - отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

5.2.8. Вибрация

Источники технологической вибрации – насосные агрегаты. Систематическое воздействие локальной вибрации приводит к вибрационной болезни, которая характеризуется нарушениями физиологических функций организма, связанными с поражением центральной нервной системы.

Нормативным документом, рассматривающим уровни вибрации для различных категорий рабочих мест, служебных помещений является ГОСТ 31192.1-2004 [27]. Нормируемый диапазон частот: для локальной вибрации - в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц. Для защиты от вибрации предусматриваются: обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.011 – 89 [32].

Условия труда по вредному фактору – повышенный уровень локальной вибрации на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

5.2.9. Шум

Источником шума на рассматриваемом объекте является работа гидроагрегатов. В результате длительного воздействия шума нарушается деятельность сердечно-сосудистой, нервной, кровеносной, пищеварительной систем, развивается тугоухость, что может привести к потере слуха.

Уровни шума на рабочих местах не должны превышать значений, установленных ГОСТ 12.1.003-2014 [28] и составляют не более 50 дБА. На рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов уровень шума не должен превышать 75 дБА.

Для защиты от шума предусматриваются следующие мероприятия периодичность работ в техническом помещении и обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты, такими как глушители шума [32].

Условия труда по вредному фактору - превышения уровня шума на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

5.2.10. Микроклимат

Микроклимат - климат внутренней среды помещений, который определяется совместно действующими на человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей [30]. Отклонение параметров микроклимата, снижают работоспособность, ухудшают самочувствие работника.

Оптимальные для человека значения этих параметров в зависимости от категории выполняемой работы - легкая, средней тяжести, тяжелая, - оптимальными температурами воздуха в таких помещениях признаны соответственно 20-22 °С, 17-19 °С и 16-18 °С, при относительной влажности воздуха в пределах 60-30% и скорости движения воздуха не более 0,2-0,3 м/с.

Для поддержания микроклимата предусматриваются приточная и вытяжная вентиляции, нагреватели и кондиционеры. Профилактика перегревания работников осуществляется организацией режима труда и отдыха, использования средств индивидуальной защиты.

Условия труда по вредному фактору – аномальные микроклиматические параметры на рассматриваемом объекте соответствуют допустимым нормам.

5.2.11. Длительное сосредоточенное наблюдение

Также, как и монотонность труда 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.

5.3. Экологическая безопасность

5.3.1. Воздействие на селитебную зону

Аварии на объектах водоснабжения сопровождаются химическим заражением территории (санитарно-защитная зона составляет 100 м),

нанесением ущерба окружающей среде, а также возникновением реальной угрозы массовой гибели людей и сельскохозяйственных животных.

Основные меры по защите населения при авариях, связанных с утечкой хлора: своевременное оповещение населения; самостоятельный выход населения из зоны возможного заражения; организованная эвакуация населения; укрытие населения на незараженных частях зданий и сооружений, на возвышенных участках местности; организация и проведение АСР в зоне заражения; оказание помощи пострадавшим.

5.3.2. Воздействие на литосферу

При эксплуатации ёмкостей с хлором появляется надобность в утилизации твердых отходов. Организация транспортирования отходов осуществляется при следующих условиях:

- наличие паспорта отходов при транспортировании отходов I - IV класса опасности;
- наличие документации для транспортирования и передачи отходов, оформленной в соответствии с правилами перевозки грузов с указанием количества транспортируемых отходов, цели и места назначения их транспортирования;
- соблюдение требований безопасности к транспортированию отходов транспортными средствами.

Одной из мер безопасной утилизации отходов, применяемой на объекте, является вторичное использование ёмкостей.

Также одной из проблем загрязнения литосферы на исследуемом объекте является утилизация люминесцентных ламп. Накопление неповрежденных отработанных ртутьсодержащих ламп производится в индивидуальной и транспортной упаковках, обеспечивающих сохранность отработанных ртутьсодержащих ламп. Допускается использовать для накопления отработанных ртутьсодержащих ламп упаковку от новых ламп в целях исключения возможности повреждения таких ламп. Накопление поврежденных отработанных ртутьсодержащих ламп производится в герметичной

транспортной упаковке, исключая загрязнение окружающей среды и причинение вреда жизни и здоровью человека [33].

5.3.3. Воздействие на гидросферу

Воздействие объектов водоснабжения может оказывать негативное влияние на гидросферу при сбросе сточных вод в реки, пруды, продукты жизнедеятельности персонала, но только при превышении предельно допустимой концентрации. Максимально допустимая концентрация хлора в сточной воде составляет 5 мг/дм³.

С целью недопущения превышения концентраций необходимо строгое соблюдение регламентов и повышение уровня очистки стоков, сбрасываемых в гидросферу.

5.3.4. Воздействие на атмосферу

При аварии на объекте водоснабжения в атмосфере происходит увеличение концентрации паров хлора. Что оказывает негативное влияние на озоновый слой. Молекулы хлора способны разрушать более 10 молекул озона. Источником аварии является разрыв или разгерметизация трубопровода, или ёмкости с хлором, утечка хлора. Меры защиты: своевременная локализация аварии, построение водяной завесы, автоматическая система орошения, правильные действия сотрудников.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возникновению ЧС на объектах водоснабжения способствуют различные факторы, такие как: природные катастрофы (наводнения, ураган, цунами, торнадо и др.); геологические воздействия (землетрясения, извержения вулканов, оползни, сели, снежные лавины, и др.) и техногенные аварии (отказ систем безопасности; нарушение целостности емкости с хлором, пожар и др.).

Наиболее вероятная ЧС на рассматриваемом объекте — это разгерметизация ёмкости с хлором. Возможные причины разгерметизации: механические повреждения ёмкости, ошибки, допущенные при эксплуатации ёмкости и дефекты в сварных элементах сосуда.

С целью предотвращения или уменьшения последствий аварии организуется выполнение следующих требований: исправное состояние автоматической системы орошения, использование индивидуальных средств защиты, систематический контроль за показанием измерительных приборов, обязательное соблюдение технического регламента. В случае возникновения ЧС персонал должен своевременно оповестить население, вызвать аварийно-спасательную службу для ликвидации последствий аварии и эвакуироваться на безопасное расстояние.

5.5. Вывод

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрено рабочее место работника хлораторной и выявлено, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

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

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать I группой допуска по электробезопасности. Присвоение группы I по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током. Класс условий труда соответствует 4 классу.

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

Суть бакалаврской работы по теме: «Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации объектов коммунального хозяйства» заключается в изучении территориального риска аварий, взрывов или пожаров на объектах водоснабжения – исследуемый объект на территории г. Аксу. Для этого в бакалаврской работе проводится расчёт риска аварий на объекте, дерево событий, которые могут привести к чрезвычайной ситуации на объекте исследования.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является выявление и разработка мероприятий, отвечающим современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Задачами, обеспечивающими реализацию поставленной цели, являются: выполнение анализа конкурентных технических решений, составление структуры работ в рамках научного исследования, определения трудоемкости выполнения работ, разработку графика проведения научного исследования, составление бюджета НИИ (материальные затраты, основная заработная плата, дополнительная заработная плата, накладные расходы и т.д.), а также определение социальной и экономической эффективности исследования.

6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В данной выпускной квалификационной работе исследуется оценка рисков чрезвычайных ситуаций при эксплуатации объектов водоснабжения. Произвести стандартную оценку рисков на используемом объекте с использованием статистических данных не представляется возможным. В работе использовался вероятностный метод оценки рисков с применением такого инструмента, как метод экспертных оценок. Потенциальными потребителями

результатов данной ВКР являются жители городов, сел и различных населенных пунктов.

Сегментирование рынка услуг по использованию методики оценки рисков можно выполнить по следующим критериям: размер объекта электроэнергетики – предназначение методики оценки рисков (таблица 10).

Таблица 10 – Карта сегментирования рынка услуг по использованию методики оценки рисков

Предназначение методики оценки рисков	Размер предприятия		
	Крупное	Среднее	Мелкое
Разработка паспорта безопасности объекта	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Определение причин возникновения ЧС	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Метод экспертных оценок	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Выбор и применение средств автоматического орошения	1,2,3	1,2,3	1,2,3

1 – объект водоснабжения на сельской территории, 2 – объект водоснабжения на территории города с населением не более 100 тыс. чел., 3 – объект водоснабжения на территории города с населением более 100 тыс. человек.

Как видно из карты сегментирования, методика оценки рисков обладает высокой конкурентоспособностью, в силу своей необходимости и неуклонности потенциально опасных объектов прохождения процедуры оценки рисков. Это обусловлено тем, что оценка рисков является наиболее эффективным превентивным мероприятием. При оценке рисков учитываются не только неблагоприятные события и несчастные случаи, происшедшие ранее, но и опасности, пока не вызвавшие неблагоприятных последствий.

6.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Для анализа альтернативных методов оценки рисков была выбрана оценочная карта. Для оценки конкурентных способов была выбрана шкала от 1 до 5, где:

1 – наиболее слабая позиция;

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

В таблице 11 представлен анализ конкурентных технических решений. Вероятностный метод обозначен как Б_в, феноменологический метод как Б_ф, детерминистский как Б_д.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _в	Б _ф	Б _д	К _в	К _ф	К _д
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0.11	5	3	4	0.55	0.33	0.44
Визуализация полученных результатов	0.12	5	4	4	0.6	0.48	0.48
Полнота представления данных	0.12	5	3	3	0.6	0.36	0.36
Потребность в дополнительных исследованиях	0.18	3	2	2	0.54	0.36	0.36
Универсальность метода	0.08	4	3	3	0.32	0.24	0.24
Специальное оборудование	0.09	4	4	4	0.36	0.36	0.36
Предоставляемые возможности	0.14	5	4	2	0.7	0.56	0.28
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0.09	4	4	5	0.36	0.36	0.45
Конкурентоспособность продукта	0.07	4	4	4	0.28	0.28	0.28
Итого	1	39	31	31	4.31	3.33	3.25

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл каждого вида транспорта (по пятибалльной шкале).

Согласно данным, представленным в таблице, можно сделать вывод, что использование вероятностного метода при экспертном методе является наиболее эффективным и целесообразным при проведении оценки рисков ЧС при эксплуатации объектов водоснабжения. Уязвимость других методов обусловлена низким удобством применения данных методов и малыми предоставляемыми возможностями.

6.1.3. Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 (таблица 12).

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
Удобство в эксплуатации	0.1	90	100	0.9	0.09
Визуализация полученных результатов	0.15	80	100	0.8	0.12
Полнота представления данных	0.1	60	100	0.6	0.06
Потребность в дополнительных исследованиях	0.15	30	100	0.9	0.135
Универсальность метода	0.1	70	100	0.7	0.07
Специальное оборудование	0.1	80	100	0.8	0.08
Предоставляемые возможности	0.1	75	100	0.75	0.075
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Цена	0.1	80	100	0.8	0.08
Конкурентоспособность продукта	0.1	90	100	0.9	0.09
Итого	1				0.8

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot b_i$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

По результатам оценки качества и перспективности делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения. В данной работе средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки получилось 80, что говорит о перспективности.

6.1.4. SWOT-анализ

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

Для того что бы найти сильные и слабые стороны, вероятностного метода и методов-конкурентов проведем SWOT–анализ (таблица 13).

Таблица 13 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>C1. Прогнозирование и выявление опасностей в широком масштабе</p> <p>C2. Способность рассматривать различные технологии очистки воды</p> <p>C3. Устойчивое финансовое положение</p> <p>C4. Потребность предприятий в проведении оценки рисков</p>	<p>Сл1. Невозможность предвидеть все риски</p> <p>Сл2. Большой срок проведения исследования</p> <p>Сл3. Для каждого потребителя требуется индивидуальный подход</p> <p>Сл4. Низкая скорость продвижения новых технологий в области оценки рисков</p>

	С5. Постоянная информационная насыщенность.	Сл5. Недостаток финансирования на усовершенствование проекта.
Возможности: В1. Создание партнерских отношений со всеми видами объектов коммунального хозяйства В2. Большой потенциал усовершенствования методики оценки рисков. В3. Создание новых видов методик оценки рисков.		
Угрозы: У1. Невостребованность проекта в связи с истощением ресурсной базой У2. Неточность проведения оценки риска. У3. Колебания цен на данное исследование. У4. Природные катастрофы.		

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта. Данное соответствие или несоответствие помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	+	+
	В2	-	-	0	0	+
	В3	0	+	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: В1С1С2С3С4.

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	-	-	0	-	-
	В2	+	+	+	+	0
	В3	+	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В2Сл1Сл2Сл3Сл4, В3Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5.

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	–	+	–	+	–
	У2	+	+	–	–	+
	У3	–	–	+	–	–
	У4	0	–	+	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У2С2С3, У3С2С4.

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	–	–	–	0	–
	У2	+	–	+	+	–
	У3	–	–	–	–	0
	У4	0	+	0	0	–

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У2Сл1Сл3Сл4.

Таблица 18 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Прогнозирование и выявление опасностей в широком масштабе</p> <p>С2. Способность рассматривать различные технологии очистки воды</p> <p>С3. Устойчивое финансовое положение</p> <p>С4. Потребность предприятий в проведении оценки рисков</p> <p>С5. Постоянная информационная насыщенность.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Невозможность предвидеть все риски</p> <p>Сл2. Большой срок проведения исследования</p> <p>Сл3. Для каждого потребителя требуется индивидуальный подход</p> <p>Сл4. Низкая скорость продвижения новых технологий в области оценки рисков</p> <p>Сл5. Недостаток финансирования на усовершенствование проекта.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Создание партнерских отношений со всеми видами объектов коммунального хозяйства</p>	<p>-Способность охватывать различные виды отраслей и возможность в прогнозировании и выявлении опасностей в</p>	<p>-Методика нуждается в усовершенствовании, т. к. в ней есть некоторые негативные моменты, такие как невозможность</p>

<p>В2. Большой потенциал усовершенствования методики оценки рисков. В3. Создание новых видов методик оценки рисков.</p>	<p>широком масштабе дают большую возможность создавать партнерские отношения со всеми отраслями коммунального хозяйства, тем самым сохранять устойчивость финансового положения. -Количество новых технологий для очистки питьевой воды увеличивается и, поэтому, увеличивается необходимость в проведении оценки рисков, следовательно, растет востребованность методики.</p>	<p>предвидеть все риски, большой срок проведения исследования и низкая скорость продвижения новых технологий в области оценки рисков, при этом для каждого потребителя требуется индивидуальный подход. -Целесообразность в создании новых видов методик оценки рисков состоит в том, чтобы повысить положительные стороны и минимизировать негативные.</p>
<p>Угрозы: У1. Невостребованность проекта в связи с истощением ресурсной базой У2. Неточность проведения оценки риска. У3. Колебания цен на данное исследование. У4. Природные катастрофы.</p>	<p>-При истощении ресурсной базы потребитель будет вынужден прекратить своё производство и отказаться от услуг исследования, что ведет к невостребованности проекта. -Несмотря на большие возможности проекта, имеется потенциальная возможность неточности проведения оценки рисков.</p>	<p>-Все вышеперечисленные негативные моменты напрямую связаны с неточностью проведения оценки риска, поэтому методика нуждается в усовершенствовании.</p>

6.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Анализ риска осуществляет обоснование частоты возникновения и специфики различного рода аварий, а также определение количественных показателей, связанных с этим социального, материального, экологического ущерба.

Основной элемент анализа рисков – идентификация опасностей, которые могут привести к негативным последствиям.

Основные задачи этапа идентификации опасностей – выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев их реализации).

Для этого рассмотрим объект исследования при помощи морфологического подхода.

Таблица 19 – Морфологическая матрица для причин реализации ЧС при эксплуатации ёмкостей с хлором

	1	2	3
А. Механические повреждения ёмкости с хлором	Недопущение коррозии металла	Использовать качественные материалы для ёмкости	Мониторинг и контроль за состоянием сосудов и измерительными приборами
Б. Дефекты ёмкости, допущенные при ремонте или монтаже ёмкости	Строгий контроль вышестоящих органов над проведением работ	Проведение инструктажа перед проведением работ	Строгая отчетность о проделанной работе
В. Дефекты ёмкости, допущенные при её эксплуатации	Контроль за соблюдением технического регламента	Повысить качество технологий и минимизировать конструктивные недостатки	Проведение повторных инструктажей

Варианты решения задачи, следующие:

1) А1Б2В1 – для уменьшения количества механических повреждений ёмкости целесообразно не допустить коррозии металла, использование качественных материалов для ёмкости и постоянный контроль за состоянием сосудов и измерительными приборами;

2) А2Б3В3 – строгий контроль вышестоящих органов над проведением работ, проведение инструктажа перед проведением работ и ведение строгой отчетности о проделанной работе

3) А3Б1В1 – следует контролировать соблюдение технического регламента, повысить качество технологий и минимизировать конструктивные недостатки и проводить повторные инструктажи.

6.3. Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в следующем порядке:

1. определение структуры работ в рамках научного исследования;
2. определение участников каждой работы;

3. установление продолжительности работ;
4. построение графика проведения научных исследований.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор темы выпускной квалификационной работы	Руководитель
	2	Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент
Теоретическая подготовка	3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент
	4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	Студент
	5	Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	Студент
Проведение расчетов и их анализ	6	Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент
	7	Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	Студент
	8	Анализ полученных результатов	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Подведение итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент
	10	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, студент

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющие данные работы.

6.3.2. 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.

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

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{мин\ i} + 2t_{макс\ i}}{5}$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}$$

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

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

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

6.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

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

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

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

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году. Коэффициент календарности в 2021 году составил:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1.48$$

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}$$

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.

Таблица 21 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнитель и	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{\min} , чел-дни			t_{\max} , чел-дни			$t_{\text{ож } i}$, чел-дни				Исп 1	Исп 2	Исп 3	Исп 1	Исп 2	Исп 3
	Исп 1	Исп 2	Исп 3	Исп 1	Исп 2	Исп 3	Исп 1	Исп 2	Исп 3							
Выбор темы выпускной квалификационной работы	1	1	1	3	3	3	2	2	2	Руководитель	2	2	2	2	2	2
Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	2	2	2	4	4	4	3	3	3	Руководитель, студент	1	1	1	1	1	1
Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	7	6	6	14	12	12	10	8	8	Руководитель, студент	5	4	4	7	6	6
Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Студент	12	12	12	18	18	18
Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	13	13	13	19	19	19	15	15	15	Студент	15	15	15	22	22	22
Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	6	5	5	12	10	10	8	7	7	Руководитель, студент	4	3	3	6	4	4
Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	9	9	9	16	16	16	12	12	12	Студент	12	12	12	18	18	18
Анализ полученных результатов	14	14	14	17	17	17	15	15	15	Студент	15	15	15	22	22	22
Подведение итогов выпускной квалификационной работы	2	1	2	5	3	4	3	2	3	Руководитель, студент	2	1	2	3	1	3
Согласование и проверка работ с научным руководителем	2	2	2	10	10	10	5	5	5	Руководитель, студент	2	2	2	3	3	3

Таблица 22 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№	Вид работ	Исполнитель	Т кал.д ни	Продолжительность работ															
				Февраль		Март			Апрель			Май		Июнь					
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2			
1	Выбор темы выпускной квалификационной работы	Руководитель	2																
2	Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	1																
3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	17																
4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	Студент	18																
5	Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	Студент	22																
6	Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	6																
7	Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	Студент	18																
8	Анализ полученных результатов	Студент	22																
9	Подведение итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	3																
10	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, студент	3																

– Научный руководитель
 – Студент

6.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

материальные затраты НТИ;

основная заработная плата исполнителей темы;

дополнительная заработная плата исполнителей темы;
 отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
 накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = \sum_{i=1}^m C_i \times N_{расхi}$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

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

Таблица 23 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы, Z_m , руб		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	Лист	250	100	150	2	2	2	500	200	300
Картридж	шт.	1	1	1	700	700	700	700	700	700
Шариковая ручка	шт.	2	1	2	20	20	20	40	20	40
Карандаш	шт.	1	1	1	10	10	10	10	10	10
Блокнот	шт.	1	0	1	50	0	50	50	0	50
Итого								1300	930	1100

Основная заработная плата исполнителей темы

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

ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы приводится в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.- дн.			Зарплата, приходящаяся на один чел.- дн.,			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Выбор темы выпускной квалификационной работы	Руководитель	2			2.5			5		
2	Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	1			2.6			2.6		
3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	5	4	4	2.6			13	10.4	10.4
4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	Студент	12			0.1			1.2		
5	Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	Студент	15			0.1			1.5		
6	Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	4	3	3	2.6			10.4	7.8	7.8
7	Выполнение	Студент	12			0.1			1.2		

	практической части выпускной квалификационной работы								
8	Анализ полученных результатов	Студент	15			0.1	1.5		
9	Подведение итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, студент	2	1	2	2.6	5.2	2.6	5.2
10	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, студент	2			2.6	5.2		
Итого							48.2	40.3	42.9

Заработная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (15% от $Z_{осн}$)

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_p$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \times M}{F_d}$$

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.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}}$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 для г. Томска.

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

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

Месячный должностной оклад студента, руб.:

$$З_{\text{м}} = 1988 \times (1 + 0 + 0) \times 1,3 = 2584,4 \text{ руб.}$$

Таблица 25 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель темы	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	65	65
- праздничные дни	15	15
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	0
- невыходы по болезни	0	5
Действительный годовой фонд рабочего времени	190	200

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

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

Среднедневная заработная плата студента, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{2584,4 \times 11,2}{252} = 114,86 \text{ руб.}$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель: $T_{\text{р}} = 16$ раб. дней

Студент: $T_{\text{р}} = 68$ раб. дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

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

Основная заработная плата студента составила:

$$З_{\text{осн}} = 114,86 \times 68 = 7810,48 \text{ руб.}$$

Таблица 26 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента

Исполнители	З _{тс} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб.	З _{дн} руб.	T _р , раб. дней	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	30000	0.3	0.3	1.3	62400	2525.14	16	40402.24
Студент	1988	0	0	1.3	2584.4	114.86	68	7810.48
Итого З _{осн} , руб.								48212.72

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимается равным 0,12;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

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

Таблица 27 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	40402,24	32826,82	35351,96	4848,27	3939,22	4242,24
Студент-дипломник	7810,48	7465,9	7580,76	937,26	895,91	909,69
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0.28					
Итого						
Исполнение 1	15119,51 руб.					
Исполнение 2	12635,79 руб.					
Исполнение 3	13463,70 руб.					

Накладные расходы

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \times k_{\text{нр}}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы составили:

$$З_{\text{накл}}^{\text{исп1}} = [1300 + (40402,24 + 7810,48) + (4848,27 + 937,26) + 15119,51] \times 0,16 = 11266,84 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{накл}}^{\text{исп2}} = [930 + (32826,82 + 7465,9) + (3939,22 + 895,91) + 12635,79] \times 0,16 = 9390,98 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{накл}}^{\text{исп3}} = [1100 + (35351,96 + 7580,76) + (4242,24 + 909,69) + 13463,70] \times 0,16 = 10023,74 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат ВКР

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	1300	930	1100
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	48212,72	40212,72	42932,72
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5785,53	4835,13	5151,93
4. Отчисления на социальные нужды	15119,51	12635,79	13463,70
5. Накладные расходы	11266,84	9390,98	10023,74
6. Бюджет затрат НТИ	81684,6	68004,62	72672,09

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.i}} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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

Φ_{ri} – стоимость -го варианта исполнения;

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

$$I_{фин.р}^{исп.1} = \frac{81684,6}{81684,6} = 1; I_{фин.р}^{исп.2} = \frac{68004,62}{81684,6} = 0,83; I_{фин.р}^{исп.3} = \frac{72672,09}{81684,6} = 0,89;$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i = 1$$

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 29 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0.1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.15	5	4	4
3. Помехоустойчивость	0.15	5	3	3
4. Энергосбережение	0.2	4	4	5
5. Надежность	0.25	5	3	4
6. Материалоемкость	0.15	4	5	3
Итого	1	4.65	3.65	3.9

$$I_{p-исп1} = 0,1 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 5 + 0,15 \times 4 = 4,65;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \times 3 + 0,15 \times 4 + 0,15 \times 3 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 3 + 0,15 \times 5 = 3,65;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \times 4 + 0,15 \times 4 + 0,15 \times 3 + 0,2 \times 5 + 0,25 \times 4 + 0,15 \times 3 = 3,9.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{фин,р}^{исп1}} = \frac{4,65}{1} = 4,65$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{фин,р}^{исп2}} = \frac{3,65}{0.83} = 4,39$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{р-исп3}}{I_{фин,р}^{исп3}} = \frac{3.9}{0.89} = 4,38$$

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

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}}$$

Таблица 30 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0.83	0.89
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.65	3.65	3.9
3	Интегральный показатель эффективности	4.65	4.39	4.38
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0.944	0.941

Исполнение 1 – вероятностный метод, исполнение 2 – феноменологический, исполнение 3 – детерминистский.

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы был проведен анализ литературных источников по статистическим данным аварий на химически опасных объектах. Показано, что объект водоснабжения, на котором в процессе подготовки воды используется хлор, относится к категории опасных производственных объектов. Приведена характеристика объекта исследования, рассмотрена технологическая схема очистных сооружений.

Изучив статистические данные возникновения ЧС на химически опасных объектах за определенный промежуток времени, выявили основные причины аварий. На основе собранных данных предложили «деревья причин» и оценили вероятности возникновения тех или иных факторов методом экспертных оценок. Главными событиями выступила разгерметизация исходной или промежуточной ёмкостей с хлором.

По результатам оценки вероятности причин разгерметизации емкости с хлором, были выявлены наиболее или наименее вероятные события. Наиболее вероятным событием являются механические повреждения ёмкости с хлором. Для снижения полученной вероятности и минимизации последствий ЧС на исследуемом объекте было предложено использование организационно-технических мероприятий.

Рассчитали фактическую зону заражения и степень поражения населения при полной разгерметизации исходной ёмкости с хлором (800 дм^3). В результате площадь зоны фактического заражения составила 0.48 км^2 , а радиус – 0.391 км . Смертельные поражения получают 199 человек, поражения тяжелой и средней степени тяжести – 298 чел., легкие поражения – 398 чел., а пороговые поражения – 1093 чел.

При разработке мер безопасности следует учитывать результаты оценки риска. Так как, основываясь на её результатах, можно определить основные факторы и причины, влияющие на вероятность возникновения и последствия возможных чрезвычайных ситуаций.

Рекомендации и мероприятия направленные на снижения вероятности возникновения аварий на объектах водоснабжения должны носить организационный и технический характер. Немаловажными факторами являются размер затрат на реализацию мер безопасности и общая оценка надежности и действенности мер, которые оказывают влияние на риск.

Введение организационных мер при эксплуатации объекта поможет компенсировать ограниченные возможности при принятии масштабных технических мер, направленных на снижение риска.

Из-за возможной ограниченности ресурсов на предприятии особое внимание уделяется выбору рекомендаций, связанных с наименьшими затратами, и выбору наиболее простых технических решений, также не требующих больших материальных затрат.

Меры по предупреждению аварийных ситуаций являются первостепенными в вопросах безопасной эксплуатации объектов водоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плиткин Г.А. Ресурсы поверхностных вод Казахстана. – Водные ресурсы, №5, 1976
2. Кусаинов А.Б. Опасные природные процессы [Текст]: методическое пособие / Кусаинов А.Б., Нургалиева С.Т. – Кокшетау: Кокшетауский технический институт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан, 2014. – 108 с.
3. Рабинович В.Л., Хавин З.Я. Краткий химический справочник/ под общ. ред. Потехина А.А., Ефимова А.М. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, - 1991. - 432 с.
4. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора" [Текст]: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору приказ от 3 декабря 2020 года N 486.
5. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Москва: Изд-во стандартов, 1977.
6. ГОСТ 6718-93. Хлор жидкий. – Москва: Изд-во стандартов, 1995. – 6-8 с.
7. Словарь русского языка: В 4-х т. / РАН, Ин-т лингвистич. исследований; Под ред. А. П. Евгеньевой. — 4-е изд., стер. — М.: Рус. яз.; Полиграфресурсы, 1999.
8. Соколов, Л. И. Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации систем и сооружений водоснабжения и водоотведения : учебное пособие / Л. И. Соколов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. — ISBN 978-5-9729-0247-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108682> (дата обращения: 09.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 108.
9. Молчанова, Р. А. Системы водоснабжения : учебное пособие / Р. А. Молчанова. — Уфа : УГНТУ, 2019. — ISBN 978-5-7831-1953-8. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179280> — С. 90.

10. Деятельность Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году: отчет Ростехнадзора; ЗАО НТЦ ПБ, 2018. Москва, 2018. 178 с.

11. Деятельность Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году: отчет Ростехнадзора; ЗАО НТЦ ПБ, 2019. Москва, 2019. 176 с.

12. Деятельность Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2020 году: отчет Ростехнадзора; ЗАО НТЦ ПБ, 2021. Москва, 2021. 162 с.

13. Н.С. Артемьев, А-Б.Ш. Гаплаев. Методы расчёта сил и средств для постановки водяной завесы при выбросе (разливе) аммиака [Текст] / Н.С. Артемьев, А-Б.Ш. Гаплаев// Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". – 2014. - № 5. – С. 57.

14. Г.В. Котов. Постановка водяных завес при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом (проливом) хлора [Текст] / ФГОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России»// Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2011. - № 2. – С. 44.

15. Тулинов, А.Б. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СФЕРЕ ЖКХ / А.Б. Тулинов // Сервис в России и за рубежом. — 2012. — № 3. — С. 256-266. — ISSN 1995-042X. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/294363> (дата обращения: 21.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 4).

16. С.Д. Бешелев, Ф.Г.Гурвич Экспертные оценки. - М: Наука, 1973.

17. Лаврусь, О. Е. Математика : учебное пособие : в 4 частях / О. Е. Лаврусь, Е. С. Салмина, В. В. Лаврусь. — Самара : СамГУПС, 2020 — Часть 3 : Ряды. Теория вероятностей — 2020. — 106 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170631>

(дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 33.

18. «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)

19. Постановление Правительства РФ от 11 ноября 2002 г. № 804 «О Правилах разработки и утверждения типовых норм труда».

20. Соколов, Л. И. Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации систем и сооружений водоснабжения и водоотведения : учебное пособие / Л. И. Соколов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. — ISBN 978-5-9729-0247-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108682> (дата обращения: 09.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 108.

21. ПБ 09-594-03. Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора (утв. Постановление Госгортехнадзора РФ от 5 июня 2003 г. N 48).

22. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

23. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности

24. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

25. ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках.

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

27. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация.

28. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

29. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

30. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением № 1).

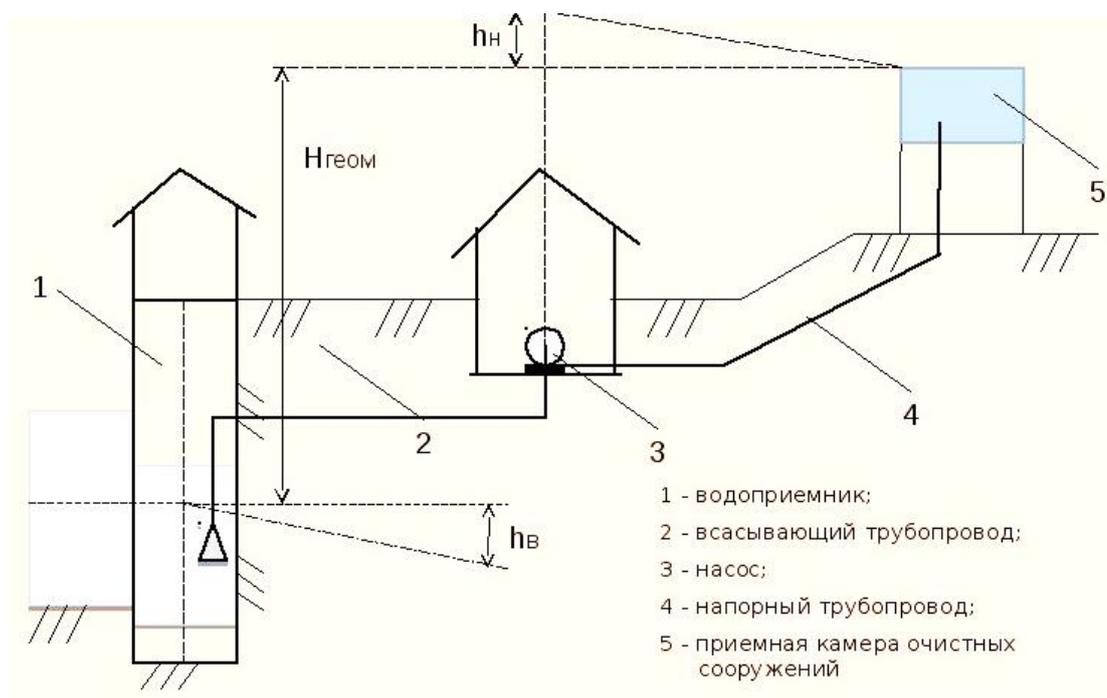
31. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

32. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

33. ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 28 декабря 2020 года N 2314 «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Схема насосной станции первого подъёма



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Схема насосной станции второго подъёма

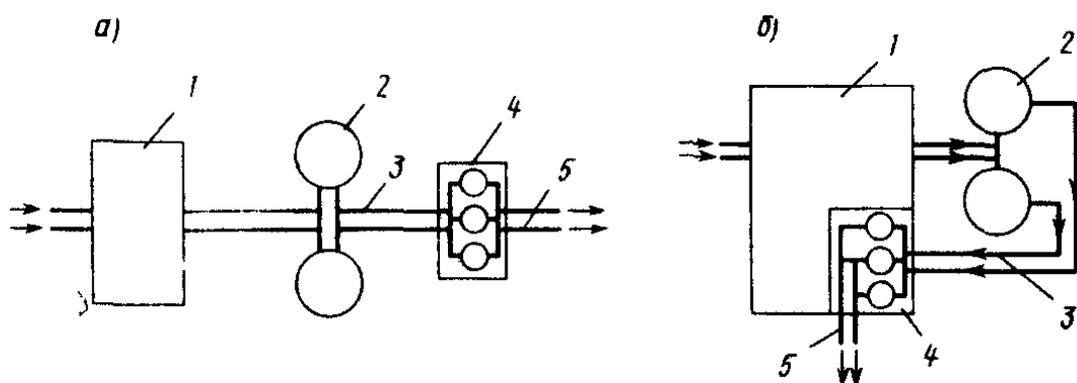


Рис. 14 2. Схемы насосных станций второго подъема.

а — отдельно стоящая, *б* — в одном здании с очистными сооружениями,
1 — станция очистки, *2* — резервуары чистой воды, *3* — всасывающие
трубопроводы, *4* — насосная станция, *5* — напорные водоводы

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Опросный лист Вам предложен опросный лист. К опросному листу имеются пояснения шкалы и таблицы. Вам нужно ознакомиться с ситуацией и присвоить вероятность к предложенным событиям, заполнить таблицу. При оценивании необходимо опираться на свои знания и опыт.

Описание: техническое помещение, в котором эксплуатируется хлор в количестве 1.5 тонны. В опросном листе представлены возможные события при разгерметизации одной из ёмкостей объёмом 800 дм³.

Опросный лист. Вам необходимо определить вероятность наступления события по 5-бальной шкале:

- 1 балл – очень низкая, скорее всего не произойдет (1-20 %);
- 2 балла – низкая, маловероятно, что произойдет (21-40 %);
- 3 балла – средняя, вероятно, что произойдет (41-60 %);
- 4 балла – высокая, скорее всего произойдет (61-80 %);
- 5 баллов – очень высокая, произойдет раньше, чем ожидается (81-100 %).

Таблица 31 – Опросный лист

№	Событие	Балл
Динамические нагрузки при эксплуатации		
1	Ударный контакт грузоподъемного механизма с ёмкостью	
2	Наезд транспортного средства на ёмкость с хлором	
Дефекты, допущенные при изготовлении и монтаже резервуара		
3	Несовершенство технологии или конструктивные недостатки	
4	Нарушение регламента ремонтных работ или их качество	
Дефекты, появляющиеся в процессе эксплуатации		
5	Коррозионный износ основного металла и/или сварных швов	
6	Трещины и деформации конструкций	
7	Неравномерная осадка оснований	
8	Дефекты фланцевых соединений	
Ошибки, допущенные при эксплуатации ёмкости с хлором		
9	Неосторожные или несанкционированные действия исполнителей работ	
10	Отступление от требований проектной, технологической документации	
11	Аварии на соседних участках (пожары/взрывы)	

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 32 – Результаты опросного листа

№	Событие	Номер эксперта										Среднее значение
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Динамические нагрузки при эксплуатации												
1	Ударный контакт грузоподъемного механизма с ёмкостью	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1.2
2	Наезд транспортного средства на ёмкость с хлором	2	1	1	2	2	2	2	2	3	3	2
Дефекты, допущенные при изготовлении и монтаже резервуара												
3	Несовершенство технологии или конструктивные недостатки	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1.2
4	Нарушение регламента ремонтных работ или их качество	2	2	1	1	2	2	1	2	3	3	1.9
Дефекты, появляющиеся в процессе эксплуатации												
5	Коррозионный износ основного металла и/или сварных швов	1	2	1	3	1	2	2	1	1	3	1.7
6	Трещины и деформации конструкций	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2
7	Неравномерная осадка оснований	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Дефекты фланцевых соединений	2	2	2	2	3	2	2	2	3	4	2.4
Ошибки, допущенные при эксплуатации ёмкости с хлором												
9	Неосторожные или несанкционированные действия исполнителей работ	3	3	2	3	3	3	4	3	4	3	3.1
10	Отступление от требований проектной, технологической документации	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2.1
11	Аварии на соседних участках (пожары/взрывы)	2	2	3	2	2	2	1	1	4	3	2.2