

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт: Юргинский технологический институт  
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Оценка риска и расчет последствий аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»

УДК 331.45:66.013.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-17Г51	Слабкова Алина Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Мальчик А.Г.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Лизунков В.Г.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Мальчик А.Г.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП 20.03.01 «Техносферная безопасность»	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе  
направления 20.03.01 – «Техносферная безопасность»

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.
P6	Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
<b>Универсальные компетенции</b>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.

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

Институт: Юргинский технологический институт  
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ С.А. Солодский  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
З-17Г51	Слабковой Алине Сергеевне

Тема работы:

Оценка риска и расчет последствий аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 31.01.2020 г. № 13/С

Срок сдачи студентами выполненной работы:	05.06.2020 г.
---	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе:</b>	Структура химического цеха водоподготовки ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» Бетонная площадка для баков-хранилищ растворов серной кислоты и натра едкого с поддонами. Постоянное хранение запаса растворов серной кислоты и натра едкого. На площадке установлены 3 бака-хранилища 94–98 % раствора серной кислоты, 3 бака-хранилища 44–46% натра едкого . Объем одного бака-хранилища раствора серной кислоты – 50 м <sup>3</sup> , натра едкого – 100 м <sup>3</sup> . Хранение опасных веществ предусмотрено при давлении близком к атмосферному.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов:</b>	1 изучить и проанализировать литературные источники на предмет возможных аварийных ситуаций с АХОВ на промышленных предприятиях; 2 провести анализ аварийных ситуаций и оценку риска их возникновения в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»; 3 рассчитать вероятные зоны действия поражающих факторов при реализации сценария

	разгерметизации бака-хранилища с серной кислотой и натром едким. 4 составить оперативную часть плана локализации и ликвидации аварии локального уровня А-1 химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод».
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г., к.пед.н., доцент
Социальная ответственность	Солодский С.А., к.т.н.
Нормоконтроль	Мальчик А.Г., к.т.н.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Реферат

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	10.02.2020 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Мальчик А.Г.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г51	Слабкова А.С.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 104 страницы, 4 рисунков, 15 таблиц, 33 формул, 51 источник, 4 приложения.

Ключевые слова: СЕРНАЯ КИСЛОТА, НАТР ЕДКИЙ, АВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ С АХОВ, РАЗГЕРМЕТИЗАЦИЯ БАКА-ХРАНИЛИЩА, ПЕРВИЧНОЕ ОБЛАКО, ПЛАН ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ.

Объектом исследования является химический цех ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод».

Цель работы – оценка риска и расчет последствий аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод».

В процессе исследования проводились расчеты по оценке риска в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод».

В результате исследования рассчитаны вероятные зоны действия поражающих факторов при реализации сценариев с проливом серной кислоты и натра едкого.

## Report

Graduate qualification work contains 104 pages, 4 figures, 15 tables, 33 formulas, 51 sources, 4 applications.

Keywords: SULFURIC ACID, CAUSTIC SODA, EMERGENCY SITUATION WITH AKOV, DEPRESSURIZATION OF STORAGE TANK, PRIMARY CLOUD, PLAN FOR LOCALIZATION AND ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATION.

The object of the study is the chemical shop of CHPP LLC «Jurginsky Machzavod».

The purpose of the work is to assess the risk and calculate the consequences of the accident in the chemical shop of CHPP LLC «Jurginsky Machine Plant».

During the study, calculations were carried out on risk assessment in the chemical shop of CHPP LLC «Jurginsky Machzavod».

As a result of the study, the probable zones of action of damaging factors are calculated during the implementation of scenarios with the spillage of sulfuric acid and caustic sodium.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

## Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности и санитарными нормами.

ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.012–2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.3.047-98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

ГОСТ 2184-77. Кислота серная техническая. Изм. 1-4. -М.: Издательство стандартов, 1989 г.

ГОСТ 3760-79. Реактивы. Аммиак водный. Технические условия.

ГОСТ 51901.12-2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов.

ГОСТ 51901.13-2005. Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей.

ГОСТ Р 55064-2012. Натр едкий технический. Технические условия.  
СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления».

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в жилых помещениях и общественных зданий.

ПБ 03-517-02. Общие правила промышленной безопасности для

организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов.

ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

ПБ 09-579-03. Правила безопасности для наземных складов серной кислоты.

ПБ 03-585-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов.

ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

РД 03-26-2007. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ от 14.12.2007 г. № 859.

РД 09-398-01. Методические рекомендации по классификации аварий и инцидентов на опасных производственных объектах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

РД 09-536-03. Методические указания о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах.

#### Обозначения и сокращения

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

ХВО – химводоочистка;

АХОВ – аварийно химически опасных веществ;

ООО – общество с ограниченной ответственностью;

НАСФ – нештатное аварийно-спасательного формирование;

ПАЗ – противоаварийная защита;

ПЛАС – план локализации и ликвидации аварийных ситуаций;



ПДК – предельно допустимые концентрации;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ХОО – химически опасный объект;

ЦПУ – центральный пункт управления;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

## Содержание

Введение	14
1 Обзор литературы	16
1.1 Теплоэлектроцентрали как химически опасные объекты	16
1.2 Поражающие факторы аварии на химическом предприятии	20
1.2.1 Способы ликвидации	213
2 Описание предприятия	25
2.1 Краткая географическая и социально-экономическая характеристика ТЭЦ ОАО «Юргинский машзавод» и оценка возможной обстановки на его территории	25
2.1.1 Краткая географическая характеристика ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»	25
2.1.2 Информация о природно-климатических условиях на территории расположения промышленного объекта	25
2.1.3 Размеры и границы территории	26
2.1.4 Сведения об общей численности работников других объектов эксплуатирующей организации, размещенных вблизи декларируемого объекта	27
2.1.5 Сведения об общей численности работников структурных подразделений ООО «Юргинский машзавод»	28
2.1.6 Краткое описание производства химподготовки воды на ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»	28
2.2 Краткая характеристика опасности промышленного объекта	29
2.2.1 Химический цех ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»	30
2.2.2 Краткая характеристика химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»	31
2.2.3 Перечень основных возможных причин возникновения	33

	аварии и факторов, способствующих возникновению и развитию аварий	
	2.2.4 Определение сценариев аварий с участием опасных веществ	35
3	Вычисление химической обстановки при разгерметизации бака-хранилища серной кислоты и натра едкого	38
	3.1 Подтверждение используемых физико-математических моделей и также методы расчета с оценкой воздействия начальных сведений на результаты анализа риска аварии	38
	3.2 Оценка количества серной кислоты и натра едкого, участвующих в аварии химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»	44
	3.3 Расчет вероятных зон действия поражающих факторов	44
	3.4 Оценка вероятности реализации аварийной ситуации с проливом серной кислоты и натра едкого, возможные сценарий ее дальнейшего развития	51
	3.5 Ситуационный план аварийной ситуации и основные опасности технологического объекта	54
	3.6 Перечень основных мер, направленных на уменьшение риска аварий	55
	3.7 План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»	56
	3.7.1 Сведения о системе оповещения в случае возникновения аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» с приведением схемы оповещения и указанием порядка действий в случае аварии	57
	3.7.2 Мероприятия по ликвидации аварии в начальной стадии ее развития	58
	3.7.3 Действия персонала по локализации аварийной ситуации	58
	3.7.4 Мероприятия по спасению (эвакуации) людей, застигнутых	60

	аварией	
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	61
4.1	Оценка экономического ущерба при возникновении аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод». Расчет затрат на локализацию аварии и ликвидацию ее последствий	61
4.1.1	Затраты на питание ликвидаторов аварии	62
4.1.2	Расчет затрат на оплату труда ликвидаторов аварии	64
4.1.3	Расчет затрат на организацию стационарного и амбулаторного лечения пострадавших	65
4.1.4	Расчет затрат на топливо и горюче-смазочные материалы	66
4.1.5	Расчет затрат на амортизацию используемого оборудования и технических средств	68
4.2	Расчет величины социального ущерба	69
4.3	Определение величины экономического ущерба	70
5	Социальная ответственность	72
5.1	Описание рабочего места аппаратчика по приготовлению химреагентов химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» на предмет возникновения вредных и опасных производственных факторов	72
5.2	Анализ выявленных вредных факторов	75
5.2.1	Шум	75
5.2.2	Пыль	76
5.2.3	Температура	77
5.2.4	Освещение	78
5.3	Анализ выявленных опасных факторов	82
5.4	Охрана окружающей среды	84
5.5	Защита в чрезвычайных ситуациях	85
5.6	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	88

Заключение	90
Список используемых источников	92
Приложение А	97
Приложение Б	99
Приложение В	100
Приложение Г	104

## Введение

В числе опасных технологических катастроф существуют аварии на объектах химической промышленности. Которые способны привести к массовому отравлению и гибели сотрудников данной промышленности, жителей вблизи объекта, тяжелым экономическим и экологическим последствиям.

Причинами аварий в большинстве случаев являются нарушения установленных норм и правил при проектировании, строительстве и реконструкции химически опасных объектов, нарушение технологии производства, правил эксплуатации оборудования, машин и механизмов, аппаратов, а также низкой трудовой и технологической дисциплины производственного персонала.

Несмотря на принимаемые меры по обеспечению безопасности, полностью исключить вероятность возникновения химических аварий невозможно. Актуальными становятся мероприятия по защите, прогнозированию и ликвидации последствий аварий с выбросом аварийно-опасных химических веществ на предприятиях топливно-энергетического комплекса. Особое внимание нужно уделить планам локализации и ликвидации аварийных ситуаций, появляется возможность отследить условия возникновения, а также динамику развития аварийных ситуаций и выявить более частые причины сбоев как в пределах одного предприятия, так и при помощи анализа аварий на подобных предприятиях.

Целью выпускной квалификационной работы является оценка риска и расчет последствий аварий в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» по сценариям с проливом серной кислоты и натра едкого.

Задачи данной работы:

– изучить литературные источники по вопросам возможных аварийных ситуаций с АХОВ на промышленных объектах;

- провести анализ аварийных ситуаций и оценку риска их возникновения в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»;
- рассчитать вероятные зоны действия поражающих факторов при реализации сценариев с разгерметизацией баков-хранилищ с серной кислотой и натром едким;
- составить оперативную часть плана локализации и ликвидации аварии с проливом серной кислоты и натра едкого в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»;
- произвести расчет затрат на ликвидацию аварии и экономического ущерба в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»;
- исследовать рабочее место аппаратчика по приготовлению химреагентов ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» на предмет возникновения вредных и опасных производственных факторов.

## 1 Обзор литературы

### 1.1 Теплоэлектроцентралли как химически опасные объекты

Химически опасные объекты (далее – ХОО) – это объекты производства, авария и разрушение которых может привести к выбросу аварийно химически опасных веществ (далее – АХОВ) приводящих к высокому числу поражений людей и окружающей среды.

На территории России насчитывается более 3,3 тыс. объектов народного хозяйства, которые имеют не малые объемы АХОВ. В их число входят: хлор, соляная кислота, фосген, аммиак, сероуглерод и др.

В число ХОО входят:

- предприятия химико-фармацевтической деятельности;
- резервуары, хранилища химически опасных веществ;
- предприятия, деятельность которых связана с производством резинотехнических и полимерных изделий, минеральных удобрений, серной кислоты и лакокрасочной продукции;
- предприятия пищевой промышленности, водоподготовки, овощные базы;
- предприятия производящие пестициды, ядохимикаты, гербициды.;
- автоцистерны, контейнеры, наливные поезда;
- речные и морские танкеры, трубопроводы [1].

Опасные химические вещества имеют несколько агрегатных состояний:

- твердое;
- жидкое;
- газообразное.

Агрегатное состояние вещества зависит от его условий хранения. Хранятся и транспортируются вещества в специализированных резервуарах, баках, цистернах, которые, в свою очередь, герметически закрыты.



Характеристика опасности вещества, при аварии, в зависимости от агрегатного состояния:

1. при выбросе вещества в газообразном состоянии, происходит моментальный выброс вещества в окружающую среду, что приводит к очень быстрому заражению воздуха;

2. при разливе вещества в жидком состоянии, контактирование вещества с воздухом и окружающей поверхностью, приводит к испарению паров жидкого АХОВ, с последующим заражением воздуха;

3. при взрывах твердые, а также жидкие вещества, распыляются в воздухе, что в последствии образует аэрозоли, твердые (дым) и жидкие (туман)

Все заражающие воздух опасные вещества, оказывают на организм поражение, путем проникновения в организм через органы дыхания. Некоторые опасные вещества, имеют способность проникать в организм через незащищенные кожные покровы, а также через ротовую полость. Несмотря на это, в основном, заражение происходит ингаляционным путем.

Теплоэлектроцентраль (далее – ТЭЦ) – это тепловая электростанция, деятельность которой, заключается в производстве электроэнергии, а также, тепловой энергии в системе теплоснабжения. ТЭЦ – потенциально опасный объект. В России главной составляющей, для обеспечения городов и населенных пунктов теплоснабжением, являются ТЭЦ. Так как подавляющее большинство жилых районов подвергаются в зимний период низким температурам.

Потенциально опасный объект – это объект, на котором при определенных обстоятельствах, создается угроза возникновения аварии, причиной данной аварии послужат опасные вещества, которые хранятся, используются, производятся, перерабатываются и транспортируются на данном объекте.

Опасность ТЭЦ заключается в принципе ее работы, который основан на использовании водяного пара как теплоносителя. Благодаря данному принципу, пар находясь в разогретом состоянии и под давлением, превращается в мощный

источник энергии, что приводит к движению турбины теплоэлектростанций (далее – ТЭС). Отработанный в турбине пар или горячая вода в дальнейшем используется для отопления и горячего водоснабжения коммунальных и промышленных сфер.

Потенциально опасный объект определяет уровень техногенной опасности, в зависимости от его промышленной безопасности. Запасенная энергия внутри ТЭЦ, является источником техногенной опасности, поражающие свойства которой, реализуются посредством химических и биологических опасных веществ [1].

Нарушение целостности объектов теплоснабжения и электроснабжения объектов жизнедеятельности населения, несет немалую угрозу энергетической безопасности города.

Основными видами техногенных опасностей ТЭЦ, являются:

- взрывы;
- разгерметизация оборудования с АХОВ;
- выбросы АХОВ с последующим токсическим поражением людей и окружающей среды;
- пожары и гидродинамические волны прорыва на резервуарах мазутного хозяйства.

Основная потенциально опасная составляющая ТЭЦ, заключается в цехе химводоочистки (далее – ХВО), в которой расположены резервуары, хранилища химических реагентов.

В цехе ХВО ТЭЦ располагаются химически опасные вещества, которые способны создать чрезвычайную ситуацию, что впоследствии приведет к загрязнению окружающей среды и опасность поражения людей, такие как:

- серная кислота ( $H_2SO_4$ );
- щелочь (гидроксид натрия –  $NaOH$ );
- аммиачная вода ( $NH_3 \cdot H_2O$ ).

Серная кислота – опасное химическое вещество. Несмотря на низкую летучесть и отсутствие значительных концентраций вредных паров в воздухе,

вещество является чрезвычайно агрессивным и токсичным. При бесконтрольном и массовом попадании серной кислоты в окружающую среду эти выделения могут привести к тяжелым химическим ожогам кожи, глаз и верхних дыхательных путей, а в некоторых случаях и к летальному исходу [2].

Щелочь (гидроксид натрия) – едкое и агрессивное вещество. Он не производит вредных паров в воздухе, но, если вещество попадает на кожу, глаза и слизистые оболочки, возникают химические ожоги. При попадании в глаза, способно вызвать непоправимые изменения нерва глазного яблока, что может привести к потере зрения.

Аммиак – это вещество, которое оказывает достаточное удушающее и нейротропное воздействие. Когда аммиак попадает в дыхательные пути, может возникнуть токсический отек легких и серьезные повреждения нервной системы. Пары вещества могут значительно раздражать слизистые оболочки глаз, кожи и органов дыхания. Например, вызывают обильное слезотечение, боль в глазах, химический ожог роговицы, может вызвать потерю зрения. Так же наблюдается приступы кашля, зуд и покраснения кожи. При попадании сжиженного аммиака на кожу, возникает жжение, что приводит к химическому ожогу.

Для обеспечения технической безопасности ТЭЦ необходимо обозначить территорию рядом с объектом, по уровню воздействия на окружающую среду и человека, а также, производить количественную оценку поражающих факторов в цехе ХВО.

В настоящее время существует множество методов, позволяющих анализировать и оценивать аварийные ситуации с выбросом раствора серной кислоты для открытого пространства технологических площадок и выделять уязвимые зоны повышенной опасности.

Являются актуальными мероприятия по прогнозированию, ликвидации и защите, в связи с последствиями аварии с выбросом АХОВ. Значительное внимание уделяется планам локализации и ликвидации аварийных ситуаций, благодаря которым отслеживается динамика развития чрезвычайной ситуации

и условие ее возникновения. Вместе с тем, выявить наиболее многократные причины неполадок на одном предприятии, а также проанализировав схожие предприятия.

План локализации и ликвидации аварийных ситуаций учитывает необходимые меры и действия сотрудников предприятия по предупреждению аварийных ситуаций, их ликвидации, локализации, а также для исключения взрывов, проливов, воспламенений, отравлений и снижению их тяжести.

## 1.2 Поражающие факторы аварии на химическом предприятии

Главным поражающим фактором АХОВ является их летучесть. Во время выброса они мгновенно переходят в атмосферу формируя первичное зараженное облако, которое состоит из грубодисперсного аэрозоля имеющий свойство оседать на поверхности и загрязнять ее. При испарении эти вещества поднимаются в воздух, и образуется вторичное облако, которое состоит из паров токсиканта. Передвижение подобного облака зависит от множества факторов, но главным является плотность воздуха. Вторичное зараженное облако имеет свойство продолжительностью существования, но малой территорией. В то время как первичное зараженное облако имеет огромную территорию, но малым сроком существования. Вторичное зараженное облако характеризуется тем, что концентрация АХОВ меньше чем в первичном. Самым главным фактором поражения во время аварии на химическом предприятии, является ингаляционное отравление людей и животных высоким содержанием химически опасных паров в атмосфере. Размеры зоны поражения зависят:

1. от количества АХОВ;
2. концентрации ксенобиотиков;
3. скорости ветра;
4. плотности паров АХОВ;
5. плотности населения;

## 6. характера местности.

Во время химической катастрофы страдает не только атмосфера, но и почва. Это бывает при разливах на нефтеперерабатывающих предприятиях. Также опасно заражение несимметричным диметилгидразином, фенолом, сероуглеродом, диоксином в этом случае происходит заражение грунта, воды, растительности в очень опасных концентрациях [3].

### 1.2.1 Способы ликвидации

Последствия ликвидации химической аварии, предусматривают определенные меры по снижению или подавлению воздействия вредных и опасных факторов химического заражения, которые способны угрожать здоровью и жизни людей. Данные меры направлены на защиту персонала опасного объекта, проживающего поблизости населения и охрану окружающей среды, а также нормального функционирования приостановленного производства и объекта в целом.

Задачи решаемые в ходе устранения последствий химической аварии, предусматривают:

- сбор информации и оповещение о аварийной ситуации;
- выдвигание оперативной группы на место аварии;
- анализ химической обстановки на месте аварии;
- поддержка режима химической безопасности;
- обеспечение средствами индивидуальной защиты персонал аварийного объекта, население и ликвидаторов аварии;
- вывод персонала объекта, не участвующего в ликвидации аварии, в безопасную зону, санитарная обработка населения, персонала аварийного объекта и ликвидаторов аварии;
- нейтрализация АХОВ на объектах производства, социальных и жилых сооружениях, территории сельскохозяйственных угодий, транспорта, средств защиты, одежды, воды и продовольствия;

- эвакуация населения из зоны химического заражения.

Последствия химической аварии устраняются в два этапа.

Первый этап:

- оценка химической обстановки;
- безотлагательные аварийные работы (отключение поврежденного участка, контроль над аварийной обстановкой);
- спасательные работы;
- оказание медицинской помощи пострадавшим;
- тушение пожаров;
- очистка подхода людей и техники к местам проведения работ.

Второй этап:

- конкретизация химической обстановки;
- основные аварийные работы (локализация и ликвидация источника химического заражения, ремонтно-восстановительные работы);
- санитарная обработка людей и обеззараживание (нейтрализация) химических заражений.

С самого начала аварии на объекте, до полной ее ликвидации ведется разведка и контроль химической обстановки. После ликвидации всех основных последствий аварии на ХОО, химический контроль за районами аварии передается местным санитарно-эпидемиологическим органам.

При проведении работ по ликвидации последствий химической аварии проводится санитарная обработка ликвидаторов химической аварии, персонала предприятия, а также, если требуется, населения вблизи аварийного объекта. Данная обработка предназначена для предотвращения воздействия АХОВ на организм человека. В зависимости от материальных средств и времени проводится частичная, либо полная санитарная обработка.

Частичная санитарная обработка подразумевает обрабатывание (промывание, протирание) открытых участков тела, одежду и обувь, которые подверглись заражению. Данная обработка проводится каждым самостоятельно или путем взаимопомощи, посредством удаления видимых капель АХОВ с

помощью ткани и обильного промывания пораженных участков нейтрализующими растворами и водой. Полная санитарная обработка производится в следствии заражения жидким АХОВ, имеющим высокую температуру кипения.

Локализация и обеззараживания источника химического заражения проводится с целью полного предотвращения или минимизации скорости испарения разлившегося АХОВ, который может быть полностью устранен или его размер станет значительно меньше [4].

Основными методами локализации и нейтрализации источников химического заражения являются:

1. при подавлении облаков АХОВ – постановка жидкостных завес, способных поглощать пары АХОВ с последующим их осаждением на подстилающую поверхность;

2. при обеззараживании облаков АХОВ – постановка жидкостных завес с использованием нейтрализующих растворов, способных в результате химического взаимодействия переводить пары АХОВ в нетоксичное химическое соединение;

3. при локализации разлива АХОВ – обвалование разлива, сбор жидкой фазы АХОВ в приямки – ловушки, железнодорожные цистерны, аварийные емкости и т.п., засыпка разлившегося АХОВ сыпучими сорбентами, снижение интенсивности испарения покрытием зеркала разлива полимерной пленкой, пеной, разбавление разлива водой, введение в разлив загустителей; при обеззараживании разлива АХОВ – заливка нейтрализующим раствором, разбавление водой с последующим введением обеззараживающих средств, засыпка сыпучими нейтрализующими веществами, засыпка твердыми сорбентами, а также загущение с последующим вывозом и сжиганием в специальном оборудовании (реакторах, печах и т.п.).

Проанализировав общепринятые способы ликвидации аварии на ХОО, рассмотрим некоторые примеры нейтрализации АХОВ, которые используются

на данный момент времени. Рассмотрим примеры нейтрализации на таких веществах, как фосген, хлор, хлористый азот, аммиак.

Фосген ( $\text{COCl}_2$ ) представляет собой бесцветный газ, который при температуре ниже  $8^\circ\text{C}$  конденсируется в бесцветную жидкость. Транспортировка производится в жидком состоянии, поэтому возможны разливы. Для нейтрализации фосгена применяют аммиак и щелочи. При этом нейтрализация происходит медленно, образуя пары белого цвета. Гидролиз паров увеличивает скорость, если использовать растворы щелочей с активированным углем. Для нейтрализации могут использоваться, так же и отходы щелочных и гипсовых производств.

Хлор ( $\text{Cl}_2$ ) конденсируется при температуре  $-35$  градусов по Цельсию. Это вещество перевозят в жидком состоянии, из-за чего не редко происходит его утечка. Эффективным способом нейтрализации является гидролиз хлора и взаимодействие его щелочами.

Хлористый азот ( $\text{NCl}_3$ ) – это жидкое вещество, имеющее температуру кипения  $71$  градус по шкале Цельсия при взаимодействии с твердой фазой имеет свойство взрываться. При транспортировке хлора, может накапливаться в цистерне, но в небольшом количестве. Поэтому при транспортировке и хранении хлора стараются ограничить его контакт с твердыми телами.

Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) – это бесцветный газ. Имеет свойство при температуре  $-36$  градусов по шкале Цельсия сжиматься. Транспортировка и хранение производится в жидком состоянии. Для эффективной нейтрализации используют водные растворы минеральных кислот, при взаимодействии происходит образование солей аммония. [4]



## 2 Описание предприятия

2.1 Краткая географическая и социально-экономическая характеристика ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» и оценка возможной обстановки на его территории

2.1.1 Краткая географическая характеристика ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»

ООО «Юргинский машзавод» располагается в г. Юрге который находится в 102 км к северо-западу от столицы Кемеровской области – г. Кемерово.

Теплоэлектроцентраль находится на территории ООО «Юргинский машзавод» в г. Юрге, в северной части города вблизи железнодорожного вокзала «Юрга-1» к югу от Западно-Сибирской трассы (расстояние 0,5–1 км).

В местности охваченной заводом отсутствуют ручьи, небольшие водоемы, овраги и иные стоки воды, которые могли бы, в условиях аварии создать опасность быстрого истечения химически опасных веществ.

2.1.2 Информация о природно-климатических условиях на территории расположения промышленного объекта

Кемеровская область расположена в климатическом районе – 1В. Климат в Кемеровской области резко континентальный. Она открыта потокам ветров с севера и запада, однако, с юга и востока защищена горами. Ветер с запада приносят прохладу и осадки в летние месяцы, а в месяцы зимы метели и снежные осадки. Также, вторжения арктического воздуха провоцируют похолодания в течении всего года. Лето в Юрге теплое, но короткое, а зима длинная и холодная.

Период зимы продолжительный, около 5 месяцев. Начинается с ноября и заканчивается в конце марта. Наиболее прохладным считается январь. В среднем, температура воздуха в январе составляет минус 17 градусов. Период лета короткий – 3 месяца, с июня по август. Однако, температура воздуха, в среднем, плюс 19 градусов.

Количество осадков в течении всего года, в среднем по области, составляет около 500 мм. Максимальное количество осадков приходится на летний период: июнь и июль.

На территории города Юрги возможны неблагоприятные погодные явления, такие как: ливни, грозы, повышение ветра до 30 м/с, понижения температуры до минус 50 градусов. Стоит отметить, что осадки, в последствии продолжительных погодных явлений, распределяются неравномерно.

Вероятность землетрясения возможна, интенсивностью 5-6 баллов. Однако, в связи с накоплением статистических данных по ситуации в Кузбассе, ростом сейсмической активности планеты в целом и продолжающимся движением тектонических плит, уровень сейсмической опасности региона может быть пересмотрен в сторону увеличения.

### 2.1.3 Размеры и границы территории

Территория промышленной площадки ООО «Юргинский машзавод» составляет – 2298000 м<sup>2</sup>. Территория размещения кислотно-щелочного хозяйства площадки подсобного хозяйства ТЭЦ на промышленной площадке ООО «Юргинский машзавод» составляет – 1200 м<sup>2</sup>.

Запретных и охранных зон промышленной площадки ООО «Юргинский машзавод» не предусматривается.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» предприятие автомобильной промышленности относится ко 2 классу

опасности с размером нормативной санитарно-защитной зоной 500 м. В соответствии с этим, размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ) для ООО «Юргинский машзавод», составляет 500 м.

ООО «Юргинский машзавод» расположен поблизости жилой зоны города. Центральная часть города находится в расстоянии около 1-2 км. Расстояние от промышленной площадки ООО «Юргинский машзавод» до ближайшего водоема – реки Томь, около 800 м.

Поблизости промышленной площадки ООО «Юргинский машзавод» отсутствуют особо запретные и охраняемые зоны.

#### 2.1.4 Сведения об общей численности иных физических лиц, которые могут оказаться в зонах действия поражающих факторов

Химический цех ТЭЦ расположен на территории промышленной площадки ООО «Юргинский машзавод», который расположен на территории муниципального образования г. Юрга Кемеровской области. По данным администрации муниципального образования в г. Юрга проживает 81073 человека.

Рядом с промышленной площадкой ООО «Юргинский машзавод» проходят следующие транспортные коммуникации:

- автомобильная дорога (ул. Шоссейная) – на удалении 0,88 км;
- железная дорога (участок Транссибирской магистрали) – на удалении 0,65км.

Физических лиц, которые могут оказаться в зонах действия поражающих факторов при авариях в химическом цехе ТЭЦ, в том числе: работников соседних предприятий и других объектов, лиц на внешних транспортных коммуникациях (железные и/или автодороги), населения и иных физических лиц не прогнозируется.

### 2.1.5 Сведения об общей численности работников структурных подразделений ООО «Юргинский машзавод»

Сведения об общей численности работников структурных подразделений ООО «Юргинский машзавод», размещенных вблизи химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»:

1. топливно-транспортный цех: в дневную смену – 15 человек, в оперативный персонал – 22 человек;
2. химический цех – 7 человек;
3. материальный склад – 1 человек.

### 2.1.6 Краткое описание производства в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» по химической подготовке воды

Требования к качеству употребляемой воды на ТЭЦ достаточно высокие и базируются в определенных нормах, согласно: «Правил технической эксплуатации электрических станций» РД 34.20.501-95. Получаемая из реки Томь вода, проходит химическую обработку, после чего преобразуется в химически очищенную воду с установленными показателями качества.

В соответствии с правилами утверждены 4 схемы химической подготовки воды, такие как:

1. Схема химической нейтрализации солей применяется для питания котлов высокого давления № 4, 5 БКЗ-220-100ЖШ производительностью 216 т/час. Все, без исключения, энергетические котлы (среднего и высокого давления) подпитываются химически обессоленной водой в период отопительного сезона, с сентября по март;
2. Для питания котлов среднего давления «Саймен Карвес» производительностью 180 т /час применяется двухступенчатый натрий

катионирования. Данная схема используется в летних период, с июня по август, исключительно для котлов среднего давления;

3. Для дополнительного питания теплосети, производительностью – 700 т/час, используется схема натрий катионирования умягченный;

4. Очищение замасленного конденсата с производства, производительность – 60 т/час.

Абсолютно все количество поступающей в химический цех воды предварительно очищается. Предварительное очищение необходимо для коагуляции исходной воды в период межсезонного промежутка паводковых вод, очищение от механических и коллоидных загрязнений.

В качестве коагулянта используется сернокислый алюминий:

- дозировка коагулянта зависит от качества исходной воды;
- полиакриламид – флокулянт используется для ускорения пороцесса коагуляции;
- щелочь используется для повышения в исходной воде уровня щелочи необходимой для коагуляции.

## 2.2 Краткая характеристика опасности объекта промышленности

Существует несколько уровней аварийных ситуаций, которые Аварийные ситуации в зависимости от масштаба определяются уровнем аварийных ситуаций («А», «Б», «В»):

- уровень «А» подразумевает развитие аварийной ситуации в пределах одного объекта, которое относится к структурному подразделению предприятия;
- уровень «Б» развитие аварийной ситуации переходит за границы территории структурного подразделения;
- уровень «В» развитие аварийной ситуации переходит за границы территории предприятия, с возможным воздействием поражающих факторов на население и находящуюся вокруг природную среду.

### 2.2.1 Химический цех ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»

В соответствии с Свидетельством о регистрации в Государственном реестре опасных производственных объектов ООО «Юргинский машзавод» № А68-01698 химический цех ТЭЦ имеет регистрационный номер А68-01698-0014 и относится ко II классу опасности.

В химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» опасными веществами, используемыми в работе, являются:

- 94-98 % раствор серной кислоты;
- 44-46% раствор натра едкого;
- 22-25% раствор аммиачной воды.

Каждое из данных опасных веществ имеет определенные свойства, ниже представлен подробный перечень по каждому веществу.

Серная кислота  $H_2SO_4$  (94-98 %). Относится к опасным химическим веществам с классом опасности – 2. В обычных условиях чистая серная кислота (100 %) – это маслянистая жидкость, не имеющая цвета и запаха, с кислым «медным» вкусом, способная застыть в кристаллическую массу при  $t = +10,3^{\circ}C$ ,  $t$  кипения =  $+296,2^{\circ}C$  (с разложением). 95 % кислота затвердевает при  $t = -20^{\circ}C$ . Плотность =  $1,92 \text{ г/см}^3$ .

Концентрат серной кислоты – мощный окислитель. Однако, серная кислота в концентрации выше 70 % не взаимодействует с железом, что позволяет ее хранение и транспортировку в стальных цистернах.

Серная кислота смешивается с водой во различных соотношениях. Разбавленная серная кислота взаимодействует со всеми металлами, находящимися в электрохимическом ряду напряжений левее водорода (H), с выделением  $H_2$ , окислительные свойства для нее нехарактерны. Крепкая серная кислота активно поглощает влагу и применяется для осушки газов.

Едкий натр (каустическая сода) NaOH (44-46 %) – едкое вещество, активно поглощающее воду из воздуха, с выделением большого количества тепла и образование гидратов. Таких как, углекислый газ ( $CO_2$ ) – с

образованием карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), сернистый ( $\text{SO}_2$ ) – с образованием сульфата натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) – с образованием сульфида натрия ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), диоксид азота – с образованием нитрата ( $\text{NaNO}_3$ ) и нитрита ( $\text{NaNO}_2$ ) натрия.

Водные растворы имеют сильнощелочную реакцию. Растворимость гидроксида натрия в воде при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  составляет 109г NaOH в 100г воды. Со спиртами образует алкоголяты. С кислотами взаимодействует с образованием солей (реакции нейтрализации).

Аммиачная вода (аммиак водный технический марки А)  $\text{NH}_3\text{H}_2\text{O}$  (22-25 %) – невзрывоопасная и негорючая жидкость. Но, при дегазации испарения аммиака способны создать в помещении взрывоопасные концентрации. Газообразный аммиак, выделяющийся из водного аммиака, при нормальных условиях - газ с резким запахом, взрывоопасен, токсичен и горюч.

При обычных условиях, аммиачная вода – прозрачная бесцветная жидкость с резким характерным запахом.

### 2.2.2 Краткая характеристика химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»

Специализация химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» подразумевает: хранение, подачу, получение и разгрузку реагентов, таких как серная кислота и натр едкий, на специализированную водоподготовительную установку (далее – ВПУ) с целью восстановления ионитовых фильтров.

Обеспечение ТЭЦ реагентами предусматривается доставкой в железнодорожных цистернах, грузоподъемностью 60 тонн.

Для бесперебойной круглосуточной работы ВПУ и ионитовых фильтров имеется определенный запас реагентов, таких как, раствор серной кислоты, в концентрации 94-98 % и раствор натра едкого, в концентрации 44-

46 %. Для каждого реагента учтены по 3 бака-хранилища, один из которых специализирован для загрузки в него реагента из поступившей вновь железнодорожной цистерны. Второй бак используется для расходования реагента, а третий бак является вспомогательным (пустым), на случай аварийной ситуации, для слива в него пролившегося реагента.

Данные о распределении опасных веществ по технологическому оборудованию химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Данные о распределении опасных веществ по технологическому оборудованию исследуемого объекта

№ пп	Наименование оборудования	Наименование опасного вещества	Количество опасного вещества	
			Объем, м <sup>3</sup>	Масса, т
1.	Бак хранения №1	Раствор натра едкого (44-46%) по ГОСТ Р.55064- 2012	100	147,79
2.	Бак хранения №2		100	147,79
3.	Бак хранения №3		100	147,79
4.	Бак-мерник №1		10	14,78
5.	Бак-мерник №2		10	14,78
6.	Бак хранения №1	Серная техническая кислота (94-98%) по ГОСТ 2184-77	50	91,78
7.	Бак хранения №2		50	91,78
8.	Бак хранения №3		50	91,78
9.	Бак-мерник №1		5	9,18
10	Бак-мерник №2		5	9,18
11	Бак хранения	Аммиачная вода(22-25%) по ГОСТ 3760-79	5	4,65
12	Бак хранения		2	1,86
13	Наземный участок трубопровода от железно-дорожной цистерны до насоса Ду89×5длиной12,0 м	Серная техническая кислота (94-98%) по ГОСТ 2184-77 /Раствор натра едкого (44-46%) по ГОСТ Р.55064-2012	0,0166	0,03
14	Наземный участок трубопровода от насоса до баков хранения Ду108×5 длиной 31,5 м	Серная техническая кислота (94-98%) по ГОСТ 2184-77	0,0656	0,12



Продолжение таблицы 2.1.

15	Наземный участок трубопровода от железнодорожной цистерны до насоса Ду89×5 длиной 12,0 м	Раствор натра едкого (44-46%) по ГОСТ Р.55064-2012	0,0166	0,0245
16	Наземный участок трубопровода от насоса до баковхранения Ду108×5 длиной 26,0 м	Раствор натра едкого (44-46%) по ГОСТ Р.55064-2012	0,0541	0,08
17	Железнодорожная цистерна	Раствор натра едкого (44-46%) по ГОСТ Р.55064-2012	32,69	60
18	Железнодорожная цистерна	Раствор натра едкого (44-46%) по ГОСТ Р.55064-2012	40,60	60
19	Автомобильная цистерна	Аммиачная вода(22-25%) по ГОСТ 3760-79	4	3,72

### 2.2.3 Перечень ключевых вероятных причин возникновения аварии и факторов, способствующих возникновению и развитию аварий

К ключевым причинам возникновения аварий в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» относятся полное или частичное разрушение оборудования, в котором обращаются опасные вещества, вследствие опасностей, связанные с периодическими процессами, такими как:

– гидродинамические процессы. К гидродинамическим процессам относятся процессы обращения серной кислоты в оборудовании участка химического цеха ТЭЦ, в том числе по трубопроводам. Данные процессы протекают в крупногабаритной аппаратуре (с единичными объемами до 100 м<sup>3</sup>), а также в трубопроводах. По характеру процессов вероятность внутренних взрывов (при попадании воды в баки хранения с концентрированной серной кислотой, взрывы паров аммиака в баках хранения аммиачной воды) маловероятна. Под влиянием внешних факторов

(механических повреждений, авариях на соседних блоках и др.), а также трещин и разрывов вследствие остаточных напряжений в материале оборудования и напряжений, возникающих при монтаже и ремонте, гидравлических ударов, превышения давления, температурных деформаций, вибрации может произойти разгерметизация оборудования и высвобождение больших количеств опасных веществ с образованием их проливов больших размеров, а также образование (в определенных условиях) облаков аэрозоля серной кислоты, паров аммиака;

- физический износ, коррозия, механические повреждения, температурные деформации оборудования и трубопроводов. Опасности, связанные с физическим износом и коррозией, объясняются тем, что серная кислота в диапазоне концентраций от 10 до 90% особенно коррозионно активна. Специальные металлы, такие как титан, подвергаются быстрой коррозии в серной кислоте при температурах ниже 100°C;

- ошибки обслуживающего персонала.

- воздействия природного и техногенного характера.

К внешним воздействиям природного характера можно отнести: смерч; ураган; резкое понижение температуры воздуха. К внешним воздействиям техногенного характера относятся: попадание объекта в зону действия поражающих факторов аварий, происшедших на соседних объектах.

К основным факторам, способствующим возникновению и развитию аварий, относятся следующие химические свойства опасных веществ, обращающихся в оборудовании кислотного-щелочного хозяйства Площадки подсобного хозяйства ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»:

- серная кислота относится к высоко коррозионным сильным минеральным кислотам;

- реакция гидратации серной кислоты является сильно экзотермической;

- разжиженная серная кислота реагирует с металлами через единую реакцию вытеснения, как и другие обычные кислоты, образуя газ водорода и

соли (сульфаты металлов). Она атакует реактивные металлы (металлы, расположенные выше меди ряду реактивности), такие как железо, алюминий, цинк, марганец, магний и никель;

- аммиачная вода, реакционноспособное соединение.

Распространенный тип реакций присоединения – образование аммиакатов при действии газообразного или жидкого аммиака на соли;

- контакт аммиачной воды с ртутью, аммиаком, бромом, йодом, кальцием, окисью серебра может привести к образованию взрывчатых веществ;

- водные растворы натра едкого - коррозионноактивное вещество, активно реагирует с легкими металлами: алюминием, цинком, магнием, оловом и их сплавами, выделяя при этом большое количество водорода;

- водные растворы натра едкого способны разрушать стекло и фарфор посредством выщелачивания силикатов (за счет взаимодействия с содержащимся в них диоксидом кремния), а также материалы органического происхождения бумагу, кожу, ткани и т.д. При этом водные растворы натра едкого не вступают во взаимодействие с углеродистой сталью, хромоникелевой сталью, полиэтиленом, поливинилхлоридом, а также со многими резинно-техническими материалами;

- водные растворы натра едкого относятся к сильным электролитам.

#### 2.2.4 Определение сценариев аварий с участием опасных веществ

Для проведения оценки риска и расчета последствий аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод», необходимо рассмотреть наиболее возможные сценарии аварий.

Сокращенное представление сценариев наиболее возможных аварий и наиболее опасных по последствиям аварий химического цеха ТЭЦ приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Краткое описание сценариев наиболее вероятных аварий и наиболее опасных по последствиям аварий

Номер сценариев	Краткое описание сценариев аварии
Сценарий С1-1-1	Разгерметизация бака хранения объемом 50 м <sup>3</sup> с раствора серной кислотой (94-98%) → пролив раствора серной кислоты → образование пролива концентрированной раствора серной кислоты в пределах площадки → образование зон поражения человека аэрозолями → попадание персонала в зоны поражения → химические ожоги и токсическое поражение людей.
Сценарий С1-2-1	Разгерметизация бака-мерника объемом 5 м <sup>3</sup> с раствора серной кислотой (94-98%) → пролив концентрированной раствора серной кислоты образование пролива концентрированной раствора серной кислоты в пределах помещения → образование зон поражения человека аэрозолями → попадание персонала в зоны поражения → химические ожоги и токсическое поражение людей.
Сценарий С2-1	Малая утечка из наземного участка трубопровода с раствора серной С1-2-1 кислотой (94-98%) от железнодорожной цистерны до насоса Ду89×5 длиной 12,0 м → пролив концентрированной раствора серной кислоты образование пролива концентрированной раствора серной кислоты в пределах забетонированного лотка → образование зон поражения человека аэрозолями → попадание персонала в зоны поражения → химические ожоги и токсическое поражение людей.
Сценарий С1-3	Разгерметизация с последующим истечением жидкости насоса Х 90/33 перекачки раствора серной кислоты (94–98 %) → пролив концентрированной раствора серной кислоты → образование пролива концентрированной раствора серной кислоты в пределах помещения кислотно-щелочного хозяйства → образование зон поражения человека аэрозолями → попадание персонала в зоны поражения → химические ожоги и токсическое поражение людей.
Сценарий С1-4	Разрушение железнодорожной цистерны для перевозки раствора серной кислоты (94–98 %) → пролив раствора серной концентрированной кислоты → образования пролива концентрированной раствора серной кислоты в пределах площадки слива → образование зон поражения человека аэрозолями → попадание персонала в зоны поражения → химические ожоги и токсическое поражение людей.

Продолжение таблицы 2.2

Сценарий С2-1-1	Разрушение бака хранения объемом 100 м <sup>3</sup> с раствором натра едкого (44-46%) → истечение жидкой фазы (раствора натра едкого) → образование пролива в пределах площадки → попадание персонала в пределы пролива → химическое поражение людей (химические ожоги).
Сценарий С2-1-2	Разрушение бака-мерника объемом 10 м <sup>3</sup> с раствором натра едкого (44-46%) → истечение жидкой фазы (раствора натра едкого) → образование пролива в пределах помещения → попадание персонала в пределы пролива → химическое поражение людей (химические ожоги).
Сценарий С2-2-1	Разрушение наземного участка трубопровода с раствором натра едкого (44-46%) от железнодорожной цистерны до насоса Ду89×5 длиной 12,0 м → истечение жидкой фазы (раствора натра едкого) → образование пролива жидкой фазы (раствора натра едкого) в пределах забетонированного лотка → попадание персонала в пределы пролива → химическое поражение людей (химические ожоги).
Сценарий С2-2-2	Разрушение наземного участка трубопровода с раствором натра едкого (44-46%) от насоса до баков хранения Ду108×5 длиной 26,0 м → истечение жидкой фазы (раствора натра едкого) → образование пролива жидкой фазы (раствора натра едкого) в пределах забетонированного лотка → попадание персонала в пределы пролива → химическое поражение людей (химические ожоги).
Сценарий С2-4	Разрушение железнодорожной цистерны для перевозки раствора натра едкого (44-46%) → истечение жидкой фазы (раствора натра едкого) образование пролива жидкой фазы (раствора натра едкого) → попадание персонала в пределы пролива → химическое поражение людей (химические ожоги).
Сценарий С3-1-1	Разрушение бака хранения объемом 5 м <sup>3</sup> с аммиачной водой (22-25%) → истечение аммиачной воды → образование пролива аммиачной воды в пределах помещения кислотно-щелочного хозяйства → попадание персонала в пределы пролива.
Сценарий С3-1-2	Разрушение бака хранения объемом 2 м <sup>3</sup> с аммиачной водой (22-25%) → истечение аммиачной воды → образование пролива аммиачной воды в пределах помещения кислотно-щелочного хозяйства → попадание персонала в пределы пролива.
Сценарий С3-3	Разрушение автомобильной цистерны для перевозки аммиачной воды (22-25%) → истечение аммиачной воды → образование пролива аммиачной воды → попадание персонала в пределы пролива.

### 3 Расчет химической обстановки при разгерметизации бака-хранилища серной кислоты и натра едкого

#### 3.1 Доказательство применяемых физико-математических моделей и также методы расчета с оценкой влияния первоначальных данных на результаты анализа риска аварии

С целью выполнения применяемых физико-математических моделей и методов расчета, которыми проводится оценка воздействия начальных сведений на результат анализа риска аварии, выполняется исследование аварий с проливом раствора серной кислоты и раствора натра едкого.

Аварии с проливом раствора серной кислоты:

При аварии в химическом цехе ТЭЦ, существуют следующие возможные последствия аварии:

- отравление при попадании токсичных паров и аэрозоля в дыхательные пути;
- химические ожоги незащищенных участков тела при кожно-резорбтивном воздействии капель и грубодисперсного аэрозоля.

Серная кислота не входит в перечень аварийно химически опасных веществ. Для идентификации степени токсической опасности воздействия аэрозолей серной кислоты на дыхательные пути сотрудников объекта и населения при аварийных выбросах производится анализ основных физико-химических свойств раствора серной кислоты.

Способность токсичных веществ формировать поражающие концентрации в атмосферном воздухе устанавливают во многом такие параметры, как температура кипения ( $t_{\text{кип}}$ ), давление насыщенного пара ( $p_t$ ), интенсивность испарения ( $\sigma$ ) и летучесть (максимальная концентрация пара,  $C_{\text{max}}^t$ ). Данные параметры приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Физические и физико-химические параметры раствора серной кислоты

Температура кипения ( $t_{\text{кип}}$ ), °С	Максимальная концентрация пара ( $C_{\text{max}}^{20^\circ\text{C}}$ ), мг/м <sup>3</sup>		Давление насыщенного пара ( $p^{20^\circ\text{C}}$ ), Па	Интенсивность испарения ( $\sigma$ ), кг/ч м <sup>2</sup>
	В закрытых помещениях	На открытой местности		
330	5,03	0,5	0,125	$8,8 \cdot 10^{-5}$

Изменения максимальной концентрации пара раствора серной кислоты в зависимости от температуры окружающего воздуха в закрытых помещениях и на открытой местности показаны на рисунке 3.1.

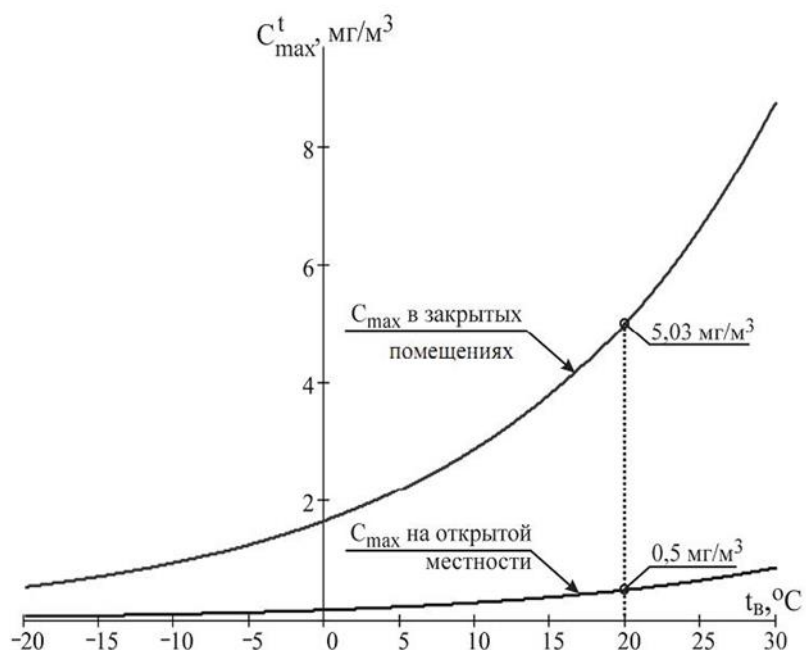


Рисунок 3.1 – Изменение максимальной концентрации пара раствора серной кислоты в зависимости от температуры окружающего воздуха

Анализ поражающего фактора раствора серной кислоты. В случае, если относительная летучесть опасного вещества менее 10, в таком случае, присутствие паров в атмосферном воздухе можно не брать во внимание. Однако, при оценке поражающего воздействия опасного вещества на человека, предусматривается присутствие в воздухе только аэрозоля (морось, туман). Если относительная летучесть опасного вещества располагается в

промежутке от 10 до 50, в таком случае, предусматривается присутствие в воздухе паров и аэрозоля. При значении свыше 50 учитываются только пары.

Максимальная концентрация на открытой местности, создаваемая парами раствора серной кислоты при атмосферном давлении и температуре кипения 330 °С, не превышает 0,5 мг/м<sup>3</sup> (при  $t_{\text{возд.}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), то есть всего 0,5 ПДК H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ПДК раствора серной кислоты в воздухе рабочей зоны составляет 1 мг/м<sup>3</sup>), а при аварийных выбросах в закрытых помещениях (при отсутствии вентиляции) около 5 мг/м<sup>3</sup> (при  $t_{\text{возд.}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), то есть 5 ПДК.

Следовательно, для концентрированного технического раствора серной кислоты (92,5-94,0%), обращающегося в химическом цехе, относительная летучесть не превышает  $F_{20^\circ\text{C}}^{\text{H}_2\text{SO}_4} < 10$ , рисунок 3.2.

Таким образом, техническая серная кислота, являясь малолетучей жидкостью, не создавая в воздухе поражающих концентраций пара в результате естественного испарения.

В соответствии с вышеизложенными сведениями, влияние паров раствора серной кислоты при непродолжительном вдыхании испарившейся серной кислоты не влечет за собой смертельно опасных, а также, опасных последствий для продолжительного ухудшения здоровья.

Аэрозольный путь воздействия раствора серной кислоты считается существенно более опасным. Ингаляционная токсичность аэрозоля раствора серной кислоты зависит как от степени ее концентрации в объеме воздуха, так и от дисперсности – размера частиц H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Размеры частиц в аэрозолях изменяются в очень широких пределах – от 10-8 мкм до нескольких мм. Диспергирование H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с диаметрами частиц < 10 мкм при аварийном выбросе в окружающее пространство может возникнуть при высоких перепадах давлений в оборудовании и среде, куда происходит истечение (до 6 МПа и выше), либо в случае разрушения емкости с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в результате взрыва.



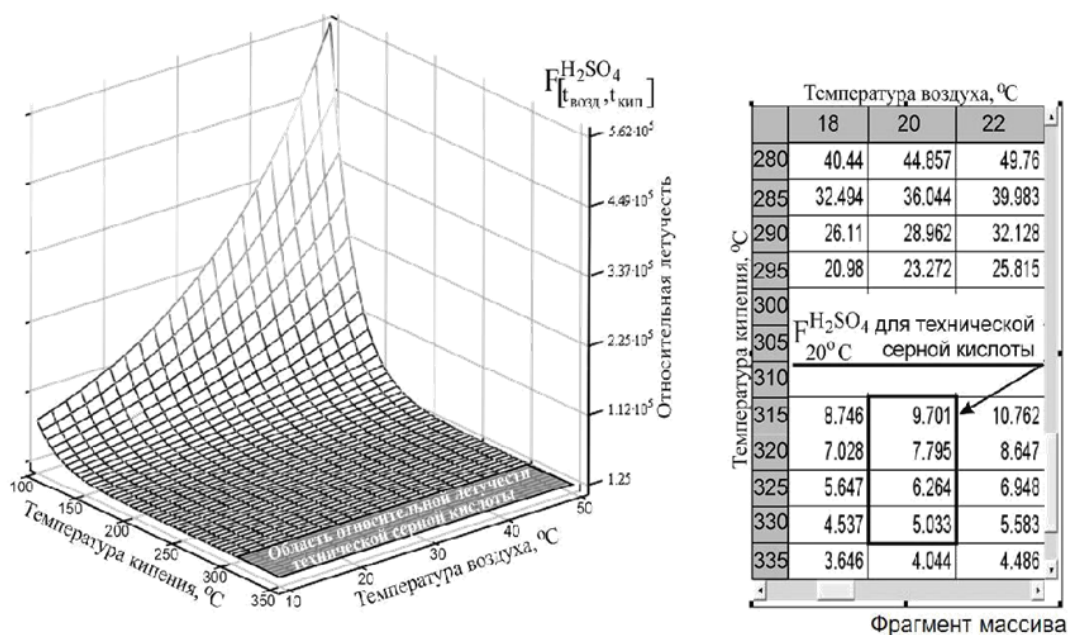


Рисунок 3.2 – Изменение относительной летучести раствора серной кислоты в зависимости от температуры кипения и температуры окружающего воздуха

Принимая во внимание то, что возможность взрыва внутри резервуара с раствора серной кислотой незначительна, при возможном аварийном разрушении емкости хранения раствора серной кислоты и практически мгновенном «обрушении» столба жидкости на подстилающую поверхность поддона, происходит разбрызгивание  $H_2SO_4$  с образованием сравнительно грубодисперсного аэрозоля (мороси) с диаметрами частиц от нескольких мм до 10 мкм.

Наибольшее количество капель имеют диаметр 100-150 мкм. Сформировавшееся скопление облака жидкого аэрозоля подхватывается воздушным потоком и, передвигаясь совместно с ним, довольно стремительно рассеивается в следствии оседания частиц  $H_2SO_4$  на поверхность земли.

Опираясь на эмпирические сведения, разработана регрессионная модель скорости оседания частиц грубодисперсного аэрозоля  $H_2SO_4$  в функции размера этих частиц  $V_{oc}(m) = a + b \cdot m$ , где  $m$  – размер частиц аэрозоля;  $a$  и  $b$  – параметры регрессионной модели.

Глубина  $L$  распространения возникшего облака грубодисперсного аэрозоля  $H_2SO_4$  с учетом разработанной регрессионной модели описывается предложенной зависимостью, в виде формулы:

$$L = f(V_{oc}(m), H_{СЖ}) \uparrow (P_o t_a v_B) = const \quad (3.1)$$

где  $V_{oc}(m)$  – скорость оседания частиц аэрозоля в функции размера данных частиц ( $m$ ) при фиксированных значениях атмосферного давления ( $P_o$ ), температуры атмосферного воздуха ( $t_a$ ) и скорости приземного ветра ( $v_B$ );

$H_{СЖ}$  – средняя высота механического измельчения (диспергирования)  $H_2SO_4$  в результате «обрушения» столба жидкости на подстилающую поверхность.

Глубина распространения аэрозоля в значительной степени зависит от размера частиц и скорости приземного ветра. Данная зависимость для рассматриваемой высоты «обрушения» столба жидкости на подстилающую поверхность показана в качестве примера на рисунке 3.3.

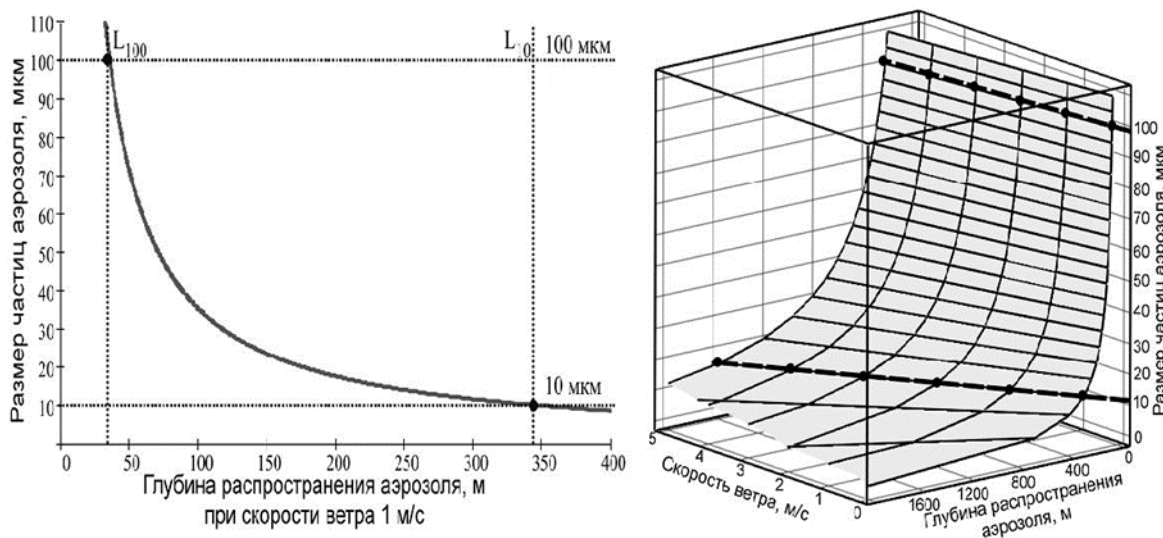


Рисунок 3.3 – Глубина распространения дисперсного аэрозоля  $H_2SO_4$  в зависимости от размеров частиц и скорости приземного ветра

Опираясь на вышеизложенные сведения, следует выделить две характерные зоны поражения человека при аварийных выбросах раствора серной кислоты.

Первая зона. На расстоянии менее  $L_{100}$ , в непосредственной близости от места разлива раствора серной кислоты при квазимгновенном

разрушении резервуара определяющим будет капельножидкое воздействие разбрызгиваемых капель раствора серной кислоты с диаметрами частиц  $d \geq 100$  мкм, а также воздействие потока растекающейся жидкости. В этой зоне можно ожидать тяжелые химические ожоги кожных покровов и глаз возможным смертельным исходом среди персонала.

Вторая зона. На расстоянии, превышающем L100 от места разлития раствора серной кислоты, формируется зона грубодисперсного аэрозоля (мороси) с диаметрами капель в пределах  $100 \text{ мкм} > d \geq 10 \text{ мкм}$ . По данным литературных источников частицы размером более 10 мкм задерживаются в верхних дыхательных путях, не достигая легких. В этой зоне определяющим будет ингаляционно-капельное поражение человека, приводящее к химическим ожогам кожных покровов и глаз, прижиганию слизистой верхних дыхательных путей у персонала.

Разгерметизация резервуара или трубопровода и истечение из аварийного отверстия жидкости, находящейся в оборудовании при атмосферном давлении, не приведет к разбрызгиванию и формированию вне области разлития дисперсного облака взвешенных в воздухе частиц  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , что позволяет рассматривать ингаляционно-капельное поражение человека маловероятным при развитии аварии по данному сценарию.

Аварии с проливом раствора натра едкого:

Раствор натра едкого – едкое и коррозионно-активное вещество. Оно относится к веществам 2-го класса опасности. При попадании на кожу, слизистые оболочки и в глаза образуются серьезные химические ожоги. Попадание в глаза вызывает необратимые изменения зрительного нерва (атрофию) и, как следствие, потерю зрения.

При аварийном проливе раствора натра едкого токсичных облаков и аэрозолей не образуется. Опасным для человека считается зона пролива, где в результате воздействия раствора натра едкого могут возникать химические ожоги.

### 3.2 Оценка количества серной кислоты и натра едкого, участвующих в аварии химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»

Оценка количества серной кислоты и натра едкого, участвующих в аварии химического цеха ТЭЦ приведены в приложении А.

Для расчета химической обстановки при аварии с разливом серной кислоты и натра едкого, принимаются сценарии с наиболее опасными последствиями. Для аварии с проливом серной кислоты – сценарий С1-1-1, а для аварии с проливом натра едкого – сценарий С2-1-1.

### 3.3 Расчет вероятных зон действия поражающих факторов

Угрозу представляет, как сам раствор, что способен образовать гидродинамическую волну при разгерметизации бака-хранилища (раствор серной кислоты, раствор натра едкого), так, и раствор серной кислоты или раствор натра едкого, как вещества способные причинять химические ожоги. При проливе концентрированного раствора серной кислоты возможно образование зон токсического поражения аэрозодем.

Расчет вероятных зон действия поражающих факторов производился в соответствии с «Методикой оценки последствий аварии на опасных производственных объектах».

Для сценария С1-1-1 расчет вероятных зон распространения поражающих факторов рассчитываются по следующим формулам:

1. Масса вещества, образующая первичное облако, рассчитывается по формуле:

$$Q_i = Q_i^g + Q_i^ж + Q_i^и + Q_i^r \quad (3.2)$$

где  $Q_i$  – масса вещества, образующая первичное облако, кг;

$Q_i^g$  – масса газообразного вещества, переходящая в первичное облако в виде газа, кг;

$Q_i^{\text{ж}}$  – масса вещества, находящаяся в первичном облаке в жидком состоянии, кг;

$Q_i^{\text{и}}$  – масса вещества, переходящая в первичное облако в виде газа при кипении пролива, кг;

$Q^{\text{г}}$  – масса газообразного вещества в оборудовании, кг.

2. Для начала рассчитывается масса газообразного вещества в оборудовании:

$$Q^{\text{г}} = \alpha \frac{\mu V_i P_i}{R T_i} \quad (3.3)$$

где  $\alpha$  – объемная доля оборудования, которая заполнена газовой фазой;

$\mu$  – молярная масса вещества, кг/моль;

$R$  – универсальная газовая постоянная – 8,31 Дж/кг/моль;

$V_i$  – объем оборудования, м<sup>3</sup>;

$P_i$  – давление в оборудовании, Па;

$T_i$  – температура при котором вещество находится в оборудовании, °К.

$$Q^{\text{г}} = 0,03 \frac{0,0980}{8,31} \cdot \frac{50 \cdot 600000}{20} = 526,5 \text{ кг}$$

3. Масса газообразного вещества переходящее в первичное облако, рассчитывается по формуле:

$$Q_i^{\text{г}} = Q^{\text{ж}} \left( 1 - \exp \left( - \frac{C_p (T_i - T_{\text{кип}} + |T_i - T_{\text{кип}}|)}{2 \Delta H_{\text{кип}}} \right) \right) \quad (3.4)$$

где  $Q^{\text{ж}}$  – масса жидкого вещества в оборудовании, кг;

$C_p$  – теплоемкость жидкого вещества, Дж/кг/°К;

$T_i$  – температура вещества в оборудовании, °К;

$T_{\text{кип}}$  – температура кипения жидкого вещества, °К;

$\Delta H_{\text{кип}}$  – теплота испарения жидкого ОБ, Дж/кг.

$$Q_i^{\text{г}} = 91780 \left( 1 - \exp \left( - \frac{0,341(20 - 279,6 + |20 - 279,6|)}{2 \cdot 510,9} \right) \right) = 0 \text{ кг}$$

4. Масса вещества, находящаяся в первичном облаке в жидком состоянии, рассчитывается по формуле:

$$Q_i^{\text{ж}} = \min\{Q_i^{\text{г}}, Q^{\text{ж}} - Q_i^{\text{г}}\} = \min\{0, 91780 - 0\} = 0 \text{ кг} \quad (3.5)$$

где  $Q^{\text{ж}}$  – масса жидкого вещества в оборудовании, кг.

5. Масса вещества, переходящая в первичное облако в виде газа при кипении пролива, рассчитывается по формуле:

$$Q_i^{\text{и}} = \min \left\{ \frac{T_{\text{п}} - T_{\text{кип}} + |T_{\text{п}} - T_{\text{кип}}|}{\Delta H_{\text{кип}}} \sqrt{\frac{\lambda_{\text{п}} c_{\text{п}} \rho_{\text{п}}}{\pi}} F \sqrt{t_{\text{кип}}}, Q^{\text{ж}} - Q_i^{\text{г}} - Q_i^{\text{ж}} \right\} \quad (3.6)$$

где  $T_{\text{п}}$  – температура подстилающей поверхности, °К;

$\lambda_{\text{п}}, c_{\text{п}}, \rho_{\text{п}}$  – значения характеристик подстилающей поверхности, соответственно, теплопроводность, теплоемкость и плотность подстилающей поверхности кг/м<sup>3</sup>, Вт/м/с, Дж/кг/°С, представлены в таблице 3.2;

$\pi$  – число Пи, равное 3,14159..;

$F$  – площадь поверхности пролива жидкого вещества, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{кип}}$  – время, в течение которого вещество поступает в первичное облако из-за интенсивного кипения жидкого вещества в проливе за счет теплопритока от подстилающей поверхности, с.

Таблица 3.2 – Значения характеристик подстилающих поверхностей

Тип поверхности	$\rho_{\text{п}}, \text{кг/м}^3$	$\lambda_{\text{п}}, \text{Вт/м/с}$	$c_{\text{п}}, \text{Дж/кг/}^\circ\text{С}$
Бетон	2220	1,42	770
Песок	1380	0,35	840
Лед	920	2,23	2080

5.1. Для поиска значения  $Q_i^{\text{и}}$ , необходимо найти значения  $F$  и  $t_{\text{кип}}$ .

5.1.1. Площадь поверхности пролива, м<sup>2</sup>, рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{Q^{\text{ж}} - Q_i^{\text{г}} - Q_i^{\text{ж}}}{h \cdot \rho_{\text{ж}}} \quad (3.7)$$

где  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкого вещества, кг/м<sup>3</sup>;

$h$  – толщина слоя жидкости опасного вещества, равна 0,05 м для свободно разливающегося вещества, однако, для веществ разлившихся в поддон или обваловку, рассчитывается следующим образом:

$$h = H - 0,2 \quad (3.8)$$

где  $H$  – высота поддона (обваловки), м.

В химическом цехе ТЭЦ высота поддона, в котором расположены баки-хранилища с серной кислотой и натром едким, составляет 0,5 м.

Соответственно, толщина слоя жидкости опасного вещества, составит:

$$h = 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ м}$$

Площадь поверхности пролива,  $\text{м}^2$ , составит:

$$F = \frac{91780 - 0 - 0}{0,3 \cdot 1835,6} = 166,6 \text{ м}^2$$

Радиус поверхности пролива составит – 7,2 м, согласно формуле:

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad (3.9)$$

5.1.2. Время в течении, которого вещество поступает в первичное облако, с, рассчитывается по формуле:

$$\sqrt{t_{\text{кип}}} = \min \left\{ \frac{T_{\text{п}} - T_{\text{кип}} + |T_{\text{п}} - T_{\text{кип}}|}{2\Delta H_{\text{кип}}} \sqrt{\frac{\lambda_{\text{п}} c_{\text{п}} \rho_{\text{п}}}{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\mu} \cdot 10^{-6} (5,83 + 4,1 u_{0\text{эфф}}^{\text{н}}) p_{\text{н}}} F, \sqrt{\frac{2\sqrt{F}}{u_{0\text{эфф}}^{\text{н}}}} \right\} \quad (3.10)$$

где  $\mu$  – молярная масса вещества, кг/моль;

$p_{\text{н}}$  – давление насыщенного пара вещества при температуре воздуха, мм рт.ст;

$u_{0\text{эфф}}^{\text{н}}$  – эффективная скорость движения первичного облака на месте выброса, м.

5.1.2.1. Так как величина значения  $p_{\text{н}}$ , неизвестна, необходимо произвести расчет по следующей формуле:

$$p_{\text{н}} = 760 \exp \left( \frac{\Delta H_{\text{кип}} \mu \left( \frac{1}{T_{\text{кип}}} - \frac{1}{T_{\text{воз}}} \right)}{R} \right) = \quad (3.11)$$

$$= 760 \exp \left( \frac{510,9 \cdot 0,0980 \left( \frac{1}{279,6} - \frac{1}{20} \right)}{8,31} \right) = 1049,06 \text{ мм.рт.ст.}$$

Соответственно, время в течении, которого вещество поступает в первичное облако составит (формула 3.8):

$$\sqrt{t_{\text{кип}}} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{(20 - 279,6 + |20 - 279,6|)}{2 \cdot 510,9} \sqrt{\frac{1,42 \cdot 0,35 \cdot 2,23}{3,14}} \cdot \\ \cdot \frac{1}{\sqrt{0,0980} \cdot 10^{-6} (5,83 + 4,1 \cdot 1) 1049,06} \cdot 166,6, \sqrt{\frac{2\sqrt{166,6}}{1}} \end{array} \right\}$$

$$= \min \{0, 25,81\} = 0$$

Расчет массы вещества, переходящей в первичное облако в виде газа при кипении пролива (формула 6):

$$Q_i^{\text{н}} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{(20 - 279,6 + |20 - 279,6|)}{510,9} \cdot \sqrt{\frac{1,42 \cdot 0,35 \cdot 2,23}{3,14}} \cdot 166,6 \sqrt{52,15}, \\ 91780 - 0 - 0 \end{array} \right\}$$

$$= \min\{0, 91780\} = 0 \text{ кг}$$

Из расчетов следует, что масса вещества, образующая первичное облако, составит (формула 3.2):

$$Q_i = 0 + 0 + 0 + 526,5 = 526,5 \text{ кг}$$

6. Расход вещества в первичном облаке, рассчитывается по формуле:

$$q_i^{\text{н}} = F \sqrt{\mu} \cdot 10^{-6} (5,83 + 4,1 u_{0\text{эф}\phi_i^{\text{н}}}) p_{\text{н}} =$$

$$= 166,6 \sqrt{0,098} \cdot 10^{-6} (5,83 + 4,1 \cdot 1) 1049,06 = \quad (3.12)$$

$$= 0,53 \text{ кг/с}$$

Если количество выброса в первичном облаке, равно 0,53 кг/с, при общей массе вещества, образующего первичное облако – 526,5 кг, следует, что количество выброса в процентном соотношении, составит – 0,10% от общей массы вещества.

Соответственно, расход выброса во вторичном облаке принимается равным 0 кг/с, так как расход в первичном облаке существенно меньше 20% от общей массы вещества образующее первичное облако.

7. Плотность вещества в первичном облаке в начальный момент времени, кг/м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле:



$$\rho_i^{\text{выб}} = \frac{\mu P_i}{R T_i} \left( \frac{P_0}{P_i} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (3.13)$$

где  $P_0$  – давление в окружающей среде, Па; при нормальных условиях принимается равным 101325 Па.

$$\rho_i^{\text{выб}} = \frac{0,0980}{8,31} \cdot \frac{600000}{20} \left( \frac{101325}{600000} \right)^1 = 55,44 \text{ кг/м}^3$$

8. Плотность вещества при испарении в первичном облаке, рассчитывается по формуле:

$$\rho_i^u = \frac{\mu P_0}{R T_{\text{кип}}} \quad (3.14)$$

$$\rho_i^u = \frac{0,0980}{8,31} \cdot \frac{101325}{279,6} = 3,98 \text{ кг/м}^3$$

Соответственно, плотность вещества в начальный момент во вторичном облаке принимается равным 0 кг/с, так как количество вещества в первичном облаке существенно меньше 20% от общей массы вещества образующее первичное облако.

9. Радиус первичного облака вещества в начальный момент времени,  $m$  рассчитывается по формуле:

$$R_i = H_i = \sqrt[3]{\frac{Q_i}{\pi \rho_i^{\text{выб}}}} \quad (3.15)$$

где  $H_i$  — высота первичного облака вещества в начальный момент времени, м;

$$R_i = H_i = \sqrt[3]{\frac{526,5}{3,14 \cdot 55,44}} = 1,44 \text{ м}$$

Радиус вторичного облака не рассчитывается, так как количество вещества в первичном облаке существенно меньше 20% от общей массы вещества образующее первичное облако.

Графическое представление последствий аварии по сценарию С1-1-1, представлено в приложении Б.

Расчет для раствора натра едкого по сценарию С2-1-1:

При аварийном проливе натра едкого, опасность заключается только в самом разливе вещества, так как опасных аэрозолей и токсических облаков при разрушении бака-хранилища не образуется.

Соответственно, расчет зон токсического поражения не целесообразен для данного вещества, однако, площадь и радиус рассчитать необходимо.

Расчет площади поверхности пролива натра едкого рассчитывается по формуле 3.7:

$$F = \frac{147790}{0,3 \cdot 1477,9} = 333,3 \text{ м}^2$$

Соответственно, радиус поверхности пролива составит – 10,3 м.

Результаты расчетов характеристик выбросов при аварии с проливом серной кислоты и натра едкого в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод», приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты расчетов характеристик выбросов при аварии с проливом раствора серной кислоты и натра едкого в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»

№ сценария	Количество опасного вещества	Площадь разлива, м <sup>2</sup>	Радиус зоны разлива, м	Радиус зон токсического поражения, м	
				Первичного облака	Вторичного облака
Сценарий С1-1-1	50 м <sup>3</sup> (91,78 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)	166,6	7,2	1,44	-
Сценарий С2-1-1	100 м <sup>3</sup> (147,79 т 44-46% раствора натра едкого)	333,3	10,3	-	-

### 3.4 Оценка вероятности реализации аварийной ситуации с проливом серной кислоты и натра едкого, возможные сценарий ее дальнейшего развития

Согласно обобщенным статистическим данным частоты возникновения аварии принимается, что при оценке риска используются данные об отказе оборудования в единичном случае (выбраны верхние, наиболее консервативные оценки частот):

- разгерметизация бака хранения / бака-мерника –  $8,8 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>;
- разрушение насоса –  $4,3 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>;
- малая утечка из трубопровода –  $2,8 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup> м<sup>-1</sup>;
- опрокидывание (сход) железнодорожных цистерн при маневровых работах –  $1,5 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup> км<sup>-1</sup>, при этом условная вероятность разрушения цистерны при ее сходе принята равной 1.

Частота возникновения аварии с проливом серной кислоты и натра едкого в химическом цехе ТЭЦ представлена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Частота возникновения аварии с проливом серной кислоты и натра едкого по наиболее опасным сценариям

№ Сценария	Тип отказа оборудования	Частота отказа год <sup>-1</sup>
Сценарий С1-1-1	Разгерметизация бака-хранилища с раствором серной кислотой	$2,64 \cdot 10^{-4}$
Сценарий С2-1-1	Разгерметизация бака-хранилища с раствором натра едкого	$2,64 \cdot 10^{-4}$

Принимая во внимание то, что во время производственного процесса подразумевается пребывание сотрудников в помещении химического цеха ТЭЦ, прогнозируется, что угроза летального исхода при аварии с проливом раствора серной кислоты или раствора натра едкого, способна подвергнуть сотрудников, непосредственно пребывающих на открытой площадке химического цеха. К примеру, при проведении ремонтно-профилактических

работ. Учитывая, что продолжительность проведения данного вида работ не превышает 5 дней в год и проводится только в дневное время (т.е. не более 40 часов в год), вероятность нахождения 1 одного человека в зоне риска не превысит 0,0046, а для бригады из 2 человек (минимальное количество персонала для выполнения работ в резервуарном оборудовании) составит 0,0139.

Величина индивидуального риска смертельного поражения персонала в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Величина индивидуального риска смертельного поражения персонала в кислотном-щелочном хозяйстве ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»

№ Сценария	Тип отказа оборудования	Частота инд.риска год <sup>-1</sup>
Сценарий С1-1-1	Разгерметизация бака-хранилища с раствором серной кислотой	$1,6 \cdot 10^{-6}$
Сценарий С2-1-1	Разгерметизация бака-хранилища с раствором натра едкого	$1,21 \cdot 10^{-6}$

Величина коллективного риска смертельного поражения персонала в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» приведена в таблице 3.6.

Наиболее опасной составляющей химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» признается открытая площадка хранения опасных веществ, на которой одновременно может располагаться до 100 м<sup>3</sup> (183,56 т) 94-98% раствора серной технической кислоты.

Частота возникновения аварии на открытой площадке склада готовой продукции составляет  $\sim 2,64 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>. Наибольшие показатели риска приходятся на аварии, связанные с разгерметизацией одной емкости с раствора серной кислотой.

Коллективный риск поражения персонала равен  $1,68 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>.

Опасность аварии на опасных производственных объектах рекомендуется устанавливать относительным сравнением с фоновым (среднеотраслевым) уровнем риска аварии, либо сравнением с критериями классификации аварийной опасности ОПО.

На основании сравнительного анализа сделан вывод, что по уровню риска аварии класс опасности объекта химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» – низкий.

Индивидуальный риск для персонала объекта – химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» ( $1,6 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>) не выходит за границы принятых в мировой практике допустимых рисков и значительно ниже фоновых показателей риска, связанных с обыденной жизнью человека в России (риск гибели человека от различных причин –  $1,6 \cdot 10^{-2}$  год<sup>-1</sup>).

Для персонала других структурных подразделений предприятия, близлежащих производственных объектов и населения индивидуальный риск существенно меньше фоновых значений.

Величина коллективного риска смертельного поражения персонала в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Величина коллективного риска смертельного поражения персонала в связи с аварией – проливом серной кислоты и натра едкого.

№ Сценария	Тип отказа оборудования	Величина кол.риска год <sup>-1</sup>
Сценарий С1-1-1	Разгерметизация бака-хранилища с раствором серной кислотой	$1,68 \cdot 10^{-6}$
Сценарий С2-1-1	Разгерметизация бака хранения с раствором натра едкого	$1,68 \cdot 10^{-6}$

### 3.5 Ситуационный план аварийной ситуации и основные опасности технологического объекта

Учитывая реальную ситуацию, сложившуюся на ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» основными мерами, направленными на уменьшение риска аварий, могут стать следующие мероприятия:

Технические:

- баки хранения, в которых обращается раствор серной кислоты, натра едкого установлены на открытой площадке;
- баки хранения, в которых обращается раствор серной кислоты, натра едкого установлены в кислотостойком поддоне;
- предусмотрен запас инструментов и материалов, предназначенный для локализации и ликвидации последствий.

Организационные:

- на ООО «Юргинский машзавод» созданы нештатные аварийно-спасательные формирования.

Учитывая реальную ситуацию, сложившуюся в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» основными мерами, направленными на уменьшение риска аварий, могут стать:

- ограничение площадей возможных аварийных разливов серной кислоты за счет возведения инженерных сооружений (обвалования места размещения резервуаров, системы лотков под трубопроводами);
- наличие внутристанционной промышленной канализации, для сбора аварийных проливов опасных веществ;
- повышенная частота диагностики, испытаний на прочность и герметичность;
- оборудование зданий с постоянным присутствием персонала и попадающих в зоны поражения облаком аэрозоля системами приточно-вытяжной вентиляции;
- информирование персонала об опасностях аварий

### 3.6 Перечень основных мер, направленных на уменьшение риска аварий

В химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» предусмотрены следующие мероприятия, направленные на снижение риска аварий:

1. Баки хранения раствора серной кислоты и раствора натра едкого имеют снаружи коррозионную защиту в виде краски и теплоизоляцию. Баки хранения раствора натра едкого имеют обогрев в виде бокового водяного отопления;

2. Баки хранения раствора серной кислоты и раствора натра едкого установлены на бетонных фундаментах, которые облицованные кислотоупорной плиткой на арамзит-замазке;

3. Площадка, на которой установлены баки хранения - бетонная, футерованная кислотоупорной плиткой. Площадка выполнена заглубленной, высота бортов –0,5 м;

4. Баки хранения раствора серной кислоты и раствора натра едкого имеют переливные трубы, которые выведены в дренажный приямок, и оснащены приборами контроля максимального уровня (датчиком верхнего уровня). При достижении максимального уровня, датчики блокируют работу перекачивающего насоса кислоты;

5. Запорная и регулирующая арматура находятся в помещении кислотно-щелочного хозяйства, за исключением задвижек по выходу с каждого бака хранения и на заполнение баков хранения раствора серной кислоты;

6. Прокладка трубопроводов от железнодорожных цистерн до насосов и от насосов до баков хранения – надземная над забетонированным лотком;

7. Прокладка трубопроводов от насосов до здания химического цеха - подземная (полупроходной туннель). В туннеле пол бетонный, стены выложены кирпичной кладкой, потолок - бетонные плиты.

### 3.7 План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»

Для составления плана по локализации и ликвидации последствий аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод», необходимо проанализировать перечень возможных факторов и причин, способствующих возникновению и развитию аварийных ситуаций. Перечень возможных факторов и причин, способствующих возникновению и развитию аварийных ситуаций по сценарию С1-1-1 с разгерметизацией бака-хранилища с серной кислотой, представлен ниже.

Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций, с разгерметизацией бака-хранилища объемом 50 м<sup>3</sup>:

1. наличие в резервуаре до 100000 кг кислоты серной, являющейся химически опасным, агрессивным, поражающим веществом, которое взаимодействует с металлами электрохимического ряда левее водорода. Создает опасность аварийного выброса большого количества опасного вещества при аварийной разгерметизации резервуара;

2. коррозионная способность кислоты серной создает дополнительную опасность разгерметизации резервуара;

3. наличие периодического процесса создает дополнительную опасность аварийной разгерметизации резервуара.

Возможные причины аварийных ситуаций с разгерметизацией бака-хранилища объемом 50 м<sup>3</sup>:

- ошибки персонала при ведении технологического процесса;
- механические повреждения природного и техногенного характера, усталость металла, коррозия, брак сварки, уплотнений, некачественные резьбовые и фланцевые соединения;
- перелив резервуара по причине отказа приборов контроля по верхнему уровню.



План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» для сценариев с проливом серной кислоты и натра едкого представлен в приложении В.

3.7.1 Сведения о системе оповещения в случае возникновения аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» с приведением схемы оповещения и указанием порядка действий в случае аварии

В соответствии с Приказом МЧС РФ, Министерства информационных технологий и связи РФ и Министерства культуры и массовых коммуникаций РФ от 25 июля 2006 г. № 422/90/376 «Об утверждении Положения о системах оповещения населения» на ООО «ЮТЭЦ» предусмотрено оповещение с использованием внутриванционной громкоговорящей связи начальником смены станции с главного щита управления ТЭЦ.

При возникновении аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод», первый, заметивший голосом оповещает остальных об аварии, немедленно докладывает об аварии старшему начальнику смены химического цеха ТЭЦ, который оповещает начальника смены станции по телефону.

Начальник смены станции:

- по ГГС оповещает персонал станции;
- по телефонной связи – руководство ООО «ЮТЭЦ» и должностных лиц ООО «ЮТЭЦ», привлекаемых к локализации и ликвидации аварии.

Схема оповещения должностных лиц в случае аварии представлена в приложении Г.

### 3.7.2 Мероприятия по ликвидации аварии в начальной стадии ее развития

Мероприятия по ликвидации аварии в начальной стадии ее развития проводятся в несколько этапов:

1. Оповещение персонала станции и завода, пребывающего на аварийном участке о возникновении аварии, в соответствии с очередностью, в течение 5 минут с момента выявления аварийной ситуации;
2. Перекачка химических реагентов в запасные резервуары, опорожнение аварийных емкостей, трубопроводов – 40-60 мин;
3. Оценка аварийной ситуации на месте возникновения аварии;
4. Мобилизация транспортных средств в район, где произошла авария в зависимости от её масштаба 1-2 часа;
5. Формирование аварийной бригады – 1 час.

### 3.7.3 Действия персонала по локализации аварийной ситуации

Действие персонала по сценарию С1-1-1, разгерметизация бака серной кислоты V-50 м<sup>3</sup> на открытой площадке склада:

1. Открыть вентиль на аварийном баке на всасывание насоса перекачки кислоты;
2. Открыть вентиль на резервный бак по нагнетанию насоса;
3. Включить вытяжную вентиляцию в помещении химического цеха;
4. Перекачать кислоту в резервный бак;
5. Закрыть вентиль;
6. Отключить насос перекачки кислоты;
7. Установить переносной насос на дренажный приямок открытой площадки склада и откачать разлившуюся кислоту в резервный бак или в бак-нейтрализатор через стационарный вертикальный насос Д№3;

8. Нейтрализацию разлившейся кислоты произвести сухим порошком тринатрийфосфата;

9. Нейтрализованную кислоту засыпать песком, собрать лопатами в контейнер для дальнейшей утилизации.

Действие персонала по сценарию С2-1-1, разгерметизация бака натра едкого V-100 м<sup>3</sup> на открытой площадке склада:

1. Открыть вентиль на аварийном баке на всасывание насоса перекачки натра едкого;

2. Включить вытяжную вентиляцию в помещении кислотного хозяйства;

3. Открыть вентиль на всасывание насоса перекачки натра едкого;

4. Открыть вентиль на резервный бак по нагнетанию насоса;

5. Включить насос перекачки натра едкого;

6. Перекачать натр едкий в резервный бак;

7. Закрыть вентиль на резервный бак по нагнетанию насоса;

8. Отключить насос перекачки натра едкого;

9. Закрыть вентиль;

10. Установить переносной насос на дренажный приямок открытой площадки склада и откачать разлившуюся натр едкий в резервный бак или в бак-нейтрализатор через стационарный вертикальный насос Д№3;

11. Разлившейся натр едкий смыть с площадки водой до нейтральной реакции в дренажный приямок и откачать из него в бак-нейтрализатор.

3.7.4 Мероприятия по спасению (эвакуации) людей, застигнутых аварией

1. В зоне возникновения аварий может пребывать следующий штат сотрудников:

– аппаратчик по приготовлению химических реагентов - 1 чел.;

– мастер по ремонту оборудования химического цеха – 1 чел.;

- бригада ремонтного персонала химического цеха – 2 чел.;
- аппаратчики химического цеха – 4-5 чел.;
- персонал цеха топливоподачи – 30-32 чел.;
- кладовщик – 1-2 чел.

2. В зоне возможного развития аварий мест проживания – нет.

3. Начальник смены станции по распоряжению главного инженера ТЭЦ проводит оповещение персонала ТЭЦ, находящегося на аварийном участке, о возникновении аварии согласно очередности, в течение 5 минут с момента обнаружения.

4. В течение 10 минут начальник смены станции предоставляет информацию об аварии в Управление ГО и ЧС города, ГОВД, ФСБ.

Формируется аварийно-спасательная бригада из числа производственного персонала:

- личный состав химического цеха – 6 чел.;
- 2 звена – 8 чел. НАСФ персонала ТЭЦ;
- автотранспортный участок – 9 человек и необходимое количество

автотранспортной техники.

Возникновение аварии связанной с разгерметизацией бака-хранилища серной кислоты в химическом цехе ТЭЦ влечет за собой ущерб здоровью и жизни людей, окружающей природной среде, потери материальных ценностей и затраты на проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ. Последствия аварийной ситуации имеют стоимостное выражение, характеризующее масштаб аварии и воздействие опасности на людей, окружающую среду, материальные ценности.

Экономический ущерб от аварии складывается из затрат на локализацию и ликвидацию последствий аварии, а также возмещения ущерба пострадавшим людям и экономике предприятия.

В результате аварии безвозвратные потери среди персонала составят 2 человека, количество людей получивших травмы различной степени тяжести составляют 15 человек. Поскольку рассматриваемая авария носит локальный характер, затраты на материально-техническое обеспечение рассчитываются только для спасательных формирований и на эвакуацию персонала с территории предприятия домой и в медицинские учреждения.

4.1 Оценка экономического ущерба при возникновении аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод». Расчет затрат на локализацию аварии и ликвидацию ее последствий

К основным показателям, составляющим затраты на ликвидацию аварии в химическом цехе ТЭЦ относятся:

- затраты на питание ликвидаторов аварии;
- затраты на оплату труда ликвидаторов аварии;

- затраты на единовременные и ежемесячные выплаты семьям погибших в результате аварии;
- затраты на организацию стационарного и амбулаторного лечения пострадавших;
- затраты на топливо и горюче-смазочные материалы;
- затраты на восстановление разрушенных объектов;
- амортизацию используемого оборудования, технических средств,
- аварийно-спасательного инструмента.

#### 4.1.1 Затраты на питание ликвидаторов аварии

Затраты на питание рассчитывают, исходя из суточных норм обеспечения питанием спасателей, в соответствии с режимом проведения работ:

$$Z_{\text{Псут}} = \sum (Z_{\text{Псут } i} \cdot Ч_i), \quad (4.1)$$

где  $Z_{\text{Псут}}$  – затраты на питание личного состава формирований в сутки;

$Z_{\text{Псут } i}$  – суточная норма обеспечения питанием, руб/(сут. на чел.);

$I$  – число групп спасателей, проводящих работы различной степени тяжести;

$Ч_i$  – численность личного состава формирований, проводящих работы по ликвидации последствий аварии.

Тогда, общие затраты на питание составят:

$$Z_{\text{п}} = (Z_{\text{Псут. спас.}} \cdot Ч_{\text{спас}} + Z_{\text{Псут. др.ликв.}}) \cdot Д_{\text{н}}, \quad (4.2)$$

где  $Д_{\text{н}}$  – продолжительность ликвидации аварии, дней.

К работе в зоне аварии привлекается 26 человек из них 23 человека выполняют тяжелую работу, а остальные 3 человека – работу средней и легкой тяжести.

По формуле (4.2) рассчитываем, что затраты на питание личного состава формирований составят:

$$Z_{\text{п}} = (41,64 \cdot 23 + 31,3 \cdot 3) \cdot 1 = 1051,62 \text{ рублей.}$$

Общие затраты на обеспечение питанием спасательных формирований составят 1051,62 рубля. Обеспечение питанием формирований РСЧС осуществляется в столовых и за счет средств ТЭЦ, на территории которой произошла авария.

Таблица 4.1 – Затраты на питание личного состава формирований, выполняющих работы различной степени тяжести

Наименование продукта	Работы средней тяжести		Тяжелые работы	
	Суточная норма, г/(чел. сут.)	Суточная норма, руб/(чел. сут.)	Суточная норма, г/(чел. сут.)	Суточная норма, руб/(чел. сут.)
Хлеб белый	400	5,85	600	8,77
Крупа разная	80	1,68	100	2,1
Макаронные изделия	30	0,96	20	0,64
Молоко и молокопродукты	300	3,3	500	7,00
Мясо	80	5,6	100	3,66
Рыба	40	2,44	60	0,90
Жиры	40	0,72	50	1,68
Сахар	60	1,44	70	5,50
Картофель	400	4,8	500	6,00
Овощи	150	3,75	180	4,50
Соль	25	0,28	30	0,33
Чай	1,5	0,47	2	0,63
Итого	-	31,3	-	41,64

#### 4.1.2 Расчет затрат на оплату труда ликвидаторов аварии

Расчет затрат на оплату труда проводят дифференцированно для каждой из групп участников ликвидации последствий аварии в зависимости от величины их заработной платы и количества отработанных дней.

Расчет суточной заработной платы участников ликвидации аварии проводят по формуле:

$$\text{ФЗП}_{\text{сут}} = (\text{мес. оклад} / 30) \cdot 1,15 \cdot \text{Ч}_i, \quad (4.3)$$

где  $\text{Ч}_i$  – количество участников ликвидации ЧС  $i$ -ой группы.

Время ликвидации аварии составляет одни сутки для всех аварийно-спасательных формирований.

Таким образом, суммарные затраты на оплату труда всем группам участникам ликвидации последствий аварии составят (таблица 4.1):

$$\text{ФЗП} = \sum \text{ФЗП}_i = 3220 + 3680 + 3450 + 1035 + 437 = 11822 \text{ рублей.}$$

Таблица 4.2 – Затраты на оплату труда участников ликвидации последствий аварии связанных с разгерметизацией бака-хранилища.

Наименование групп участников ликвидации	Заработная плата, руб./месяц	Численность, чел.	ФЗП <sub>сут.</sub> , руб./чел.	ФЗП за период проведения работ для $i$ -ой группы, руб.
Личный состав химического цеха	14000	6	536,6	3220
Два звена НАСФ персонала ТЭЦ	12000	8	460	3680
Автомобильно-транспортная служба	10000	9	383,3	3450
Пост радиационно-химического наблюдения	9000	3	345	1035
Медицинская служба	5700	2	218,5	437
Итого				11822

В результате проведенных расчетов получим, что фонд заработной платы на оплату труда личного состава формирований РСЧС при проведении



работ по ликвидации аварии в химическом цехе ТЭЦ с учетом периода проведения работ составит 11822 рублей.

#### 4.1.3 Расчет затрат на организацию стационарного и амбулаторного лечения пострадавших

В результате возникновения аварии в химическом цехе ТЭЦ величина санитарных потерь составляет 15 человек.

Суммарные затраты на лечение пострадавших складываются из затрат на реанимационное, стационарное и амбулаторное лечение, исходя из стоимости одного койко-дня и продолжительности лечения и рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_{л} = \sum C_{к.-д.і} \cdot D_{н} , \text{руб.}, \quad (4.4)$$

где  $C_{к.-д.і}$  – стоимость одного койко-дня при соответствующем виде лечения, руб.;

$D_{н}$  – продолжительность лечения, дней.

Расчет затрат на пребывание пострадавших в реанимационном отделении проводят по формуле:

$$Z_{л}^p = C_{к.-д.р.} \cdot D_{н} \cdot Ч_p, \quad (4.5)$$

где  $Ч_p$  – численность пострадавших, проходящих лечение в реанимационном отделении.

$$Z_{л}^p = 719,38 \cdot 5 \cdot 2 = 7194 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на пребывание пострадавших в терапевтическом отделении проводят по формуле:

$$Z_{л}^t = C_{к.-д.т.} \cdot D_{н} \cdot Ч_t, \quad (4.6)$$

где  $Ч_t$  – численность пострадавших, проходящих лечение в терапевтическом отделении.

$$Z_{л}^t = 123,23 \cdot 21 \cdot 9 = 23290 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на пребывание пострадавших на амбулаторном лечении проводят по формуле:

$$Z_{\text{л}}^{\text{а}} = C_{\text{к.-д.т.}} \cdot D_{\text{н}} \cdot Ч_{\text{а}}, \quad (4.7)$$

где  $Ч_{\text{а}}$  – численность пострадавших, проходящих амбулаторное лечение в стационаре.

$$Z_{\text{л}}^{\text{а}} = 40,50 \cdot 3 \cdot 4 = 23290 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на лечение пострадавшего при аварии персонала предприятия составляют 30970 рублей.

Таблица 4.3 – Затраты на лечение пострадавших

Вид лечения	Стоимость одного койко-дня, руб.	Средняя продолжительность лечения, дней	Численность пострадавших, чел.	Суммарные затраты, руб.
Амбулаторное	40,50	3	4	486
Терапевтическое	123,23	21	9	23290
Реанимационное	719,38	5	2	7194
Итого				30970

#### 4.1.4 Расчет затрат на топливо и горюче-смазочные материалы

Затраты на горючие и смазочные материалы определяется по формуле:

$$Z_{\text{ГСМ}} = V_{\text{бенз}} \cdot Ц_{\text{бенз}} + V_{\text{диз. т.}} \cdot Ц_{\text{диз. т.}} + V_{\text{мот. м.}} \cdot Ц_{\text{мот. м.}} + V_{\text{транс. м.}} \cdot Ц_{\text{транс. м.}} + V_{\text{спец. м.}} \cdot Ц_{\text{спец. м.}} + V_{\text{пласт. см.}} \cdot Ц_{\text{пласт. м.}}, \quad (4.8)$$

где  $V_{\text{бенз}}$ ,  $V_{\text{диз. т.}}$ ,  $V_{\text{мот. м.}}$ ,  $V_{\text{транс. м.}}$ ,  $V_{\text{спец. м.}}$ ,  $V_{\text{пласт. см.}}$ , – количество использованного бензина, дизельного топлива, моторного масла, трансмиссионного масла, специальных масел, пластичных смазок соответственно, л;

$Ц_{\text{бенз}}$ ,  $Ц_{\text{диз. т.}}$ ,  $Ц_{\text{мот. м.}}$ ,  $Ц_{\text{транс. м.}}$ ,  $Ц_{\text{спец. м.}}$ ,  $Ц_{\text{пласт. м.}}$  – стоимость бензина, дизельного топлива, моторного масла, трансмиссионного масла, специальных масел, пластичных смазок соответственно, л/руб.

Ниже приведены цены (за 1л) на топливо и горюче-смазочные материалы:

Бензин – 40,80 руб.;

Дизельное топливо– 47,20 руб.;

Моторное масло – 1100 руб.;

Трансмиссионное масло – 1050 руб.;

Специальное масло – 80 руб.;

Пластичные смазки – 750 руб.

В таблице 4.4 приведен перечень транспортных средств, используемых при ведении аварийных работ на территории химцеха и нормы расхода горюче-смазочных материалов приведенной техники.

Таблица 4.4 – Техника и нормы расхода горюче-смазочных материалов

Тип автомобиля	Кол-во	Расход бензина, л	Расход дизельного топлива, л	Расход мотор./ транс./ спец. масел, л	Расход смазки, кг
Грузовой автомобиль	1	24	-	2,1/0,3/0,1	0,25
Грузовой автомобиль (самосвал)	1	24	-	2,1/0,3/0,1	0,25
Автобус пассажирский (дежурный)	1	80	-	2,1/0,3/0,1	0,3
Погрузчик	1	92	-	2,2/0,3/0,1	0,2
Итого	4	220	-	8,5/1,2/0,4	1,0

Общие затраты на горюче-смазочные материалы составят:

$$Z_{ГСМ} = 220 \cdot 47,20 + 0 + 8,5 \cdot 1100 + 1,2 \cdot 1050 + 0,4 \cdot 80 + 1,0 \cdot 750 = \\ = 21776 \text{ руб.}$$

На обеспечение техники горюче-смазочными материалами потребуется 21776 рублей.

#### 4.1.5 Расчет затрат на амортизацию используемого оборудования и технических средств

Величина амортизации используемого оборудования, технических средств определяется, исходя из их стоимости, нормы амортизации и количества дней, в течение которых это оборудование используется, по следующей формуле:

$$A = [(N_a \cdot C_{ст} / 100) / 360] \cdot D_n, \quad (4.9)$$

где  $N_a$  – годовая норма амортизации данного вида основных производственных фондов (далее – ОПФ), %;

$C_{ст}$  – стоимость ОПФ, руб.;

$D_n$  – количество отработанных дней.

Таблица 4.5 – Расчет величины амортизационных отчислений для используемой техники

Наименование использованной техники	Стоимость, руб.	Кол-во, ед.	Кол-во отработанных дней	Годовая норма амортизации, %	Аморт. отчисления, руб.
Грузовой автомобиль	450000	1	1	10	125
Грузовой автомобиль (самосвал)	500000	1	1	10	138,9
Автобус пассажирский (дежурный)	425000	1	1	10	118,05
Погрузчик	410000	1	1	10	113,9
Итого					495,85

Результаты расчетов (таблица 12) затрат за использование оборудования и технических средств, необходимых для локализации пожара и ликвидации аварии составляют 495,85 рублей.

## 4.2 Расчет величины социального ущерба

Исходя из значений экономического эквивалента стоимости жизни человека, проведем расчет ущерба от гибели 2 человек.

Результаты расчета приведены в таблице 4.5.

Социальный ущерб от аварии в химическом цехе ТЭЦ составит 67830 тыс. руб.

Таблица 4.5 – Расчет величины социального ущерба

Возрастная группа	Экономический эквивалент стоимости жизни человека, тыс. руб.	Количество человек, чел.	Потери общества от преждевременной гибели людей, тыс. руб.
31–35	2369	1	2369
41–45	2153	1	2153
Итого			4522

## 4.3 Определение величины экономического ущерба

Экономический ущерб от разгерметизации бака-хранилища оценивается остаточной балансовой стоимостью оборудования и стоимостью потерянного или пришедшего в негодность сырья и готовой продукции.

Стоимость раствора серной кислоты пришедшей в негодность после разлития из бака-хранилища – 46 тыс. руб., стоимость самого резервуара-хранилища – 475 тыс. руб.).

В результате аварии в химическом цехе ТЭЦ полностью разрушится оборудование бака-хранилища. Соответственно, необходим расчет остаточной стоимости с учетом степени разрушения 100 %.

В таблице 4.6 представлены результаты расчета оценочной и остаточной стоимости технологического оборудования. В следствии того, что бак-хранилище полностью разрушено, оценочная стоимость будет равна остаточной стоимости.

Таблица 4.6 – Перечень технологического оборудования, поврежденного в результате аварии в химическом цехе ТЭЦ

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, в руб.	Оценочная стоимость оборудования $O_{соф}$ , руб.	Степень разрушения, %	Остаточная стоимость, руб.
Бак-хранилище	475000	158300	100	158300
Итого	475000	158300	100	158300

Оценочную стоимость производственных фондов определяют по формуле:

$$O_{соф} = F - F \cdot Z\% , \text{ рублей,} \quad (4.10)$$

где  $F$  – восстановительная стоимость оборудования основных фондов;

$Z$  – процесс износа ОФ за период эксплуатации.

Следовательно, оценочная стоимость для каждого оборудования рассчитывается исходя из срока введения его в эксплуатацию.

После окончания работ по ликвидации последствий аварии, экспертная группа проводит оценку степени разрушения технологического оборудования, зданий и сооружений. На основании экспертных оценок проводят расчет остаточной стоимости поврежденного оборудования, по суммарной величине которой судят о причиненном чрезвычайной ситуацией экономическом ущербе ТГПЗ.

Остаточную стоимость технологического оборудования рассчитывают по формуле:

$$C_{Тост} = O_{соф} \cdot k , \text{ рублей,} \quad (4.11)$$

где  $k$  – степень разрушения технологического оборудования.

Таким образом, экономический ущерб, причиненный химическому цеху ТЭЦ при разгерметизации бака-хранилища составит 158300 рублей. Результаты проведенных в разделе расчетов представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты проведенных расчетов экономического ущерба

Наименование	Экономический ущерб, в руб.
Затраты на обеспечение питанием спасательных формирований	1051,62
Затраты на оплату труда участникам ликвидации последствий ЧС	11822,00
Затраты на лечение пострадавшего персонала	30970,00
Затраты на ГСМ	21776,00
Затраты за использование оборудования и технических средств при ликвидации ЧС	495,85
Социальный ущерб от ЧС	4522000,00
Стоимость раствора серной кислоты	46000,00
Экономический ущерб при разгерметизации бака-хранилища (резервуара)	158300,00
Итого	4789126,47

По приведенным расчетам видно, что экономический ущерб от чрезвычайной ситуации составляет:

$$U^{\text{общ}} = 1051,62 + 11822,00 + 30970,00 + 18487,00 + 495,85 + 4522000 + \\ + 46000,00 + 158300,00 = 4789126,47 \text{ руб.}$$

Анализируя результаты, приведенные в разделе, можно сделать вывод о том, что аварии на предприятиях влекут за собой большой материальный ущерб и приводят к значительным затратам при восстановлении производства. Фактические потери для народного хозяйства значительно превышают определенный таким образом ущерб, так как в него не включены убытки от простоя предприятия, стоимость проектно-восстановительных работ.

## 5 Социальная ответственность

### 5.1 Описание рабочего места аппаратчика по приготовлению химреагентов химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» на предмет возникновения вредных и опасных производственных факторов

Объектом исследования является рабочее место аппаратчика по приготовлению химреагентов химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод». Химический цех отдельно стоящее трехэтажное здание с прилегающей к нему бетонированной площадкой с баками-хранилищами (резервуарами), предназначенными для получения, разгрузки, хранения и подачи реагентов (раствора серной кислоты и раствора натра едкого) на водоподготовительную установку (далее – ВПУ) для регенерации ионитовых фильтров растворами серной кислоты и натра едкого.

Доставка реагентов (раствора серной кислоты и раствора натра едкого) предусмотрено в железнодорожных цистернах грузоподъемностью 61,5 т.

Обслуживание ВПУ организовано оперативным персоналом химического цеха ТЭЦ. Дежурство осуществляется круглосуточно сменами по 12 часов. В состав каждой смены входят (минимальный состав): в дневную смену с 8.00 до 17.00 прием реагентов и обслуживание оборудования производят аппаратчики по приготовлению химреагентов – 2 человека. В ночные, выходные и праздничные дни эти функции выполняет оперативный (сменный) персонал.

Прием и выгрузка опасных реагентов производится в рабочие дни в светлое время суток. Входной контроль концентрированных реагентов производят в дневную смену (2 человека) в рабочие дни с 8.00 до 17.00.

Выгрузка реагентов (раствора серной кислоты и раствора натра едкого) из железнодорожной цистерны предусмотрена на сливной площадке, поверхность которой отсыпана щебнем.



Выгрузка реагентов (раствора серной кислоты и раствора натрия едкого) производится через верхний люк железнодорожной цистерны с помощью всасывающей трубы из нержавеющей стали, присоединенной к разгрузочному устройству, и насосов (вакуумного и перекачивающего), которые установлены в помещении кислотно-щелочного хозяйства. Для выгрузки раствора серной кислоты и раствора натрия едкого предусмотрено использование следующего оборудования:

- насос типа X 90/33 перекачки раствора серной кислоты:  $Q = 90 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 33 \text{ м вод. ст.}$  – 1 шт.;
- насос типа X90/33 перекачки раствора натрия едкого:  $Q = 90 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 33 \text{ м вод. ст.}$  – 1 шт.;
- вакуумный насос типа 12 ВВМ (для создания разряжения в трубопроводе перед началом выгрузки):  $Q = 12 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 0,01 \text{ м вод. ст.}$  – 1 шт.

Хранение раствора серной кислоты, раствора натрия едкого и аммиачной воды предусмотрено в баках-хранилищах.

Баки-хранилища раствора серной кислоты и раствора натрия едкого имеют переливные трубы, которые выведены в дренажный приямок, и оснащены приборами контроля максимального уровня (датчиком верхнего уровня). При достижении максимального уровня, датчики блокируют работу перекачивающего насоса кислоты.

Таблица 5.1 – Сведения о баках для хранения АХОВ

Наименование оборудования	Тип оборудования	Высота / диаметр, м	Объем, м <sup>3</sup>	Кол-во, шт.
Бак-хранилище раствора серной кислоты	Вертикальный цилиндрический	5,7/3,5	50	3
Бак-хранилище раствора натрия едкого	Вертикальный цилиндрический	6,3/4,68	10	3
Бак-хранилище аммиачной воды	Вертикальный цилиндрический	1,6/2,0	5	1

Запорная и регулирующая арматура находятся в помещении кислотно-щелочного хозяйства, за исключением задвижек по выходу с каждого бака-хранилища и на заполнение баков-хранилищ раствора серной кислоты.

Прокладка трубопроводов от железнодорожной цистерны до насосов и от насосов до баков-хранилищ – надземная над забетонированным лотком.

Прокладка трубопроводов от насосов до здания химического цеха – подземная (полупроходной туннель). В туннеле пол бетонный, стены выложены кирпичной кладкой, потолок – бетонные плиты.

Для подачи раствора серной кислоты и раствора натра едкого из баков-хранилищ в химический цех используются те же перекачивающие насосы кислотно-щелочного хозяйства.

Так как местонахождение рабочего места аппаратчика по приготовлению химреагентов – химический цех и открытая территория, то освещение естественное и общее равномерное искусственное.

Вентиляция воздуха естественная.

Контроль за функционированием и исправной работой всего оборудования ведется непрерывно и постоянно.

Рабочее место аппаратчика является потенциально опасным, поскольку работа ведется непосредственно с химически опасными веществами (серная техническая кислота, раствор натра едкого, аммиачная вода).

Температура наружного воздуха наиболее холодного периода – минус 24 °С.

Влажность воздуха: наиболее холодного месяца – 81 %; наиболее жаркого месяца – 56 %. Количество осадков: за год – 476 мм; суточный максимум – 46 мм.

К вредным факторам рабочего места можно отнести: шум; пыль; температуру.

К опасным факторам относятся: вредные химические вещества; электроопасность; механические опасности.

## 5.2 Анализ выявленных вредных факторов

### 5.2.1 Шум

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху.

Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха.

Нормированные параметры шума определены ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

Стандарт устанавливает классификацию шума, характеристики и допустимые уровни шума на рабочих местах, общие требования к защите от шума на рабочих местах, шумовым характеристикам машин, механизмов, средств транспорта и другого оборудования и измерениям шума .

Источниками шума являются перекачивающие насосы кислотно-щелочного хозяйства.

Допустимый уровень шума в помещении не должен превышать 80 дБ, при выполнении технологического процесса – 95 дБ. Фактический уровень шума составляет 87 дБ, что является пограничным для предельно-допустимого уровня.

Мероприятия по защите от шума.

Защита от шума достигается разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, а также средств индивидуальной защиты.

Уменьшение шума достигается применением шумоизолирующего покрытия. Так же необходимо применять защитный шумоизолирующий короб для насосов перекачки опасных химвеществ.

Шумоизолирующим материалом короба является минеральная вата, толщина слоя 30 мм, размер короба 1,5×1,5 метра.

При невозможности уменьшить шум, действующий на работников, до допустимых уровней, то необходимо использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) – противозумные вкладыши из ультратонкого волокна «Беруши» одноразового использования, а также противозумные вкладыши многократного использования (эбонитовые, резиновые, из пенопласта).

### 5.2.2 Пыль

Пыль является наиболее распространенным неблагоприятным фактором производственной среды. Технологические процессы могут сопровождаться образованием и выделением пыли, а ее воздействию может подвергаться работающий персонал.

Выделение вредных веществ в воздушную среду возможно при проведении технологических процессов и производстве работ, связанных с применением, хранением, транспортированием химически опасных веществ и материалов.

Основой проведения мероприятий по борьбе с вредными веществами является гигиеническое нормирование. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны установлены ГОСТ 12.1.005-88.

Допустимый норматив по пыли (в данном случае диАлюминий сульфат) помещении не должен превышать 0,5 мг/м<sup>3</sup>. Фактический уровень в химцехе составляет 2,03 мг/м<sup>3</sup>, что является превышением предельно-допустимого уровня.

Снижение уровня воздействия вредных веществ на работающий персонал достигается путем проведения технологических, санитарно-технических, лечебно-профилактических мероприятий с применением средств индивидуальной защиты.

К технологическим мероприятиям относятся такие, как внедрение непрерывных технологий, автоматизация и механизация производственных процессов, дистанционное управление, герметизация оборудования, замена опасных технологических процессов и операций менее опасными и безопасными.

Санитарно-технические мероприятия: оборудование рабочих мест местной вытяжной вентиляцией или переносными местными отсосами, укрытие оборудования сплошными пыленепроницаемыми кожухами с эффективной аспирацией воздуха и др.

Особое внимание в этих случаях должно уделяться применению средств индивидуальной защиты, прежде всего для защиты органов дыхания (фильтрующие и изолирующие противогазы, респираторы, защитные очки, специальная одежда) [44].

### 5.2.3 Температура

Микроклимат производственных помещений определяется сочетанием температуры, влажности, подвижности воздуха, температуры окружающих поверхностей и их тепловым излучением. Температура в производственных помещениях является одним из ведущих факторов, определяющих метеорологические условия производственной среды.

Высокие температуры оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека. Работа в условиях высокой температуры сопровождается интенсивным потоотделением, что приводит к обезвоживанию организма, вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, увеличивает частоту дыхания, а также оказывает влияние на функционирование других органов и систем.

При воздействии на организм человека отрицательных температур наблюдается сужение сосудов, изменяется обмен веществ. Низкие температуры

воздействуют также и на внутренние органы, и длительное воздействие этих температур приводит к их устойчивым заболеваниям.

Параметры микроклимата производственных помещений зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции.

Метеорологические условия для рабочей зоны производственных помещений регламентируются ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и Санитарными нормами микроклимата производственных помещений (СН 4088-86).

СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливают оптимальные и допустимые условия микроклимата. При этом учитывается интенсивность энергозатрат работников, время выполнения работ и период года.

Рассматривая метеорологические условия производственной среды в подразделении химического цеха ТЭЦ, выявлено фактическое состояние температуры воздуха на рабочем месте (в холодный период года) минус 24 °С, что не соответствует нормативу: минус 13,7 °С.

Мероприятия по профилактике неблагоприятного воздействия холода должны предусматривать задержку тепла – предупреждение выхолаживания производственных помещений, подбор рациональных режимов труда и отдыха, использование средств индивидуальной защиты, а также мероприятия по повышению защитных сил организма.

#### 5.2.4. Освещение

Организация рационального освещения рабочего места является одним из основных вопросов охраны труда. При неудовлетворительном освещении зрительная способность снижается, и могут появляться близорукость, резь в глазах, катаракта, головные боли. На участке химического цеха ТЭЦ используется комбинированное освещение, но доля естественного света в нём

невелика. Освещение должно быть достаточным для безопасности выполняемых работ [43].

На участке присутствует комбинированное освещение люминесцентными лампами и лампами накаливания. Нормы искусственной освещенности регламентируются согласно СНиП23-05-95 [44].

Расчет общего искусственного освещения помещения химического цеха ТЭЦ.

Питание сети рабочего освещения предусматривается от осветительного щитка типа ЩОА-9, установленного у двери. Рабочее помещение имеет естественное и искусственное освещение, выполненное с учетом СНиП 23-05-95. Управление освещением производится выключателями со щитка освещения. Светильники с люминесцентными лампами пылеводозащищенными типа ЛСП16 – 2 · 40.

Расчет освещенности производится для рабочей зоны химического цеха площадью 192 м<sup>2</sup>, ширина которой составляет Б = 8м, длина А = 24м и высота Н = 4м. Воспользуемся методом коэффициента использования светового потока, который применим для условий, когда выдержаны рекомендуемые в СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» соотношения расстояния между светильниками к высоте их подвеса.

Определим геометрическое расположение светильников общего освещения.

Рекомендуемое расстояние от светильников до перекрытия:

Высота расположения светильников, м, рассчитывается по формуле:

$$h_n = H - h_c = 4 - 0,64 = 3,36 \text{ м} \quad (5.1)$$

где  $h_c$  – высота, на которой находится расчетная поверхность над полной расчетной высотой.

$$h = h_n - h_c = 3,36 - 0,8 = 2,56 \text{ м} \quad (5.2)$$

Расстояние между соседними рядами люминесцентных светильников L найдем исходя из оптимального значения:  $\lambda = L / h$ ; расстояние от крайнего

ряда светильников до стены выбирается для обеспечения не затененности рабочих мест (примем  $l = 0.8$  м). Для люминесцентных светильников из ГОСТ 13828-74 [45] выбираем при косинусной типовой кривой силы света  $\lambda = 1,4$ , тогда:

$$L = 0,8 \cdot 2,56 = 2,048 \text{ м} \quad (5.3)$$

Предварительно определим число рядов светильников.

Число светильников по ширине помещения, шт, определяется по формуле:

$$n_{\text{шт}} = \frac{B}{L} = \frac{6}{2,048} = 2,93 \text{ шт} \quad (5.4)$$

Округляя полученное значение до ближайшего целого числа, получим два ряда светильников в помещении насосной станции.

Определим величину необходимого светового потока.

Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на рабочие поверхности станции по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta} \quad (5.5)$$

где  $E$  – нормируемая освещенность, определяемая по разряду зрительной работы (для помещения станции  $E = 200$  лк);

$k$  – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (для помещения с малым выделением пыли, дыма и копоти принимаем коэффициент  $k = 1,5$ );

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $\text{м}^2$ ;

$z$  – отношение средней освещенности к минимальной (для люминесцентных ламп выбирается равным 1,1);

$\eta$  – коэффициент использования светового потока, выражаемый как отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность к суммарному потоку всех ламп и зависящий от характеристик светильников, окраски стен и потолка и индекса помещения.



Для определения коэффициента использования светового потока, необходимо вычислить индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{8 \cdot 24}{2,56 \cdot (8 + 24)} = 2,34 \quad (5.6)$$

Зная индекс помещения определяем коэффициент использования светового потока для помещения ТЭЦ,  $\eta = 0,57$ .

Подставим все значения в формулу определения светового потока (5.5):

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 192 \cdot 1,1}{0,57} = 111158 \text{ лм}$$

Для освещения выбираем люминесцентные лампы типа ЛСП16-2 · 40, световой поток которых равен  $\Phi = 4320$  лм.

Рассчитаем необходимое количество ламп по формуле:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{л}}} = \frac{111158}{4320} = 25,73 = 26 \text{ ламп} \quad (5.7)$$

где  $\Phi$  – расчетный световой поток, равный 111158 лм;

$\Phi_{\text{л}}$  – световой поток лампы,  $\Phi_{\text{л}} = 4320$  лм.

Количество ламп равно 26 штук, допускается расположение их в два ряда.

Таким образом, в помещении насосной станции применяется система освещения общая равномерная с использованием ламп ЛСП16, световой поток 4320 лм). Схема размещения ламп представлена на рисунке 5.1.

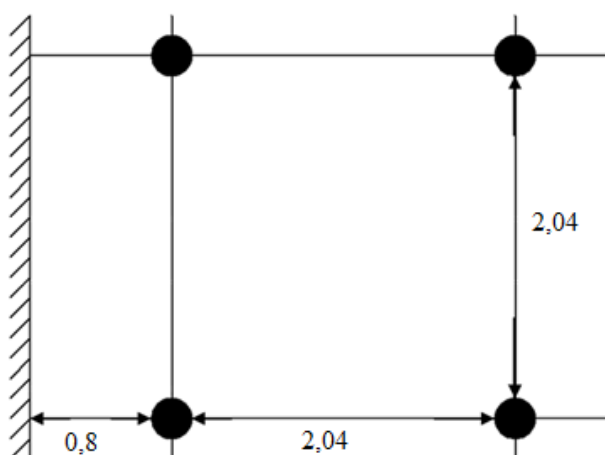


Рисунок 5.1 – Схема размещения ламп

Таким образом, в помещении химического цеха ТЭЦ применяется система освещения общая равномерная с использованием ламп ЛСП16, световой поток 4320 лм).

Для улучшения производственного освещения помещения химического цеха ТЭЦ были проведены следующие мероприятия:

- осуществлено равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающих предметах; перевод взгляда с ярко освещенной на плохо освещенную поверхность вынуждает глаз адаптироваться, что приводит к утомлению зрения и как следствие снижению производительности труда;
- в светильниках используются газоразрядные люминесцентные лампы по спектральному составу наиболее близкие к естественному солнечному свету;
- чистка светильников производится 1 раз в квартал;
- каждый год осуществляется проверка уровня освещенности на рабочих местах.

### 5.3 Анализ выявленных опасных факторов

Основная мера защиты от вредного воздействия химических веществ на работающих в условия возможного загрязнения рабочей зоны – систематический контроль содержания этих веществ в рабочей среде. В том случае, если содержание вредных веществ в рабочей зоне превышает ПДК, принимают специальные организационные и технические меры по предупреждению отравления.

К организационным мерам относится обязательное применение индивидуальных средств защиты (специальной защитной одежды, обуви, рукавиц, шлемов, противогазов и респираторов, защитных очков, защитных лицевых щитков, нейтрализующих паст и мазей для защиты и очистки кожи).

Для работников, постоянно находящихся в зоне выделения ядовитых веществ, установлены меры защиты ограничением времени пребывания в

опасной или вредной среде (сокращенный рабочий день, перерывы в работе, дополнительный отпуск, сокращенный стаж для ухода на пенсию).

К техническим мерам относятся: герметизация оборудования и коммуникаций, автоматический контроль воздушной среды, устройство естественной и искусственной вентиляции, сигнализации, дистанционного управления, установка знаков безопасности.

Для транспортирования химически вредных жидких веществ применяют специальные цистерны. Технологические процессы загрузки опасных веществ, их слив или выдавливание из цистерн, а также промывка и пропарка цистерн осуществляются способами, исключающими контакт работников с вредными веществами. Для жидких опасных веществ – трубопроводы, исключающие просачивание этих веществ.

При аварийных ситуациях человек может подвергаться кратковременному воздействию вредных и опасных химических веществ. Защита работников осуществляется обязательным применением средств индивидуальной защиты и нормированием допустимого времени работы в зоне аварии.

Сбои в электросистеме оборудования, которые могут повлечь за собой производственную травму персонала, и создать пожарную обстановку на отдельных участках и элементах оборудования [48].

Согласно НПБ 105-03 все объекты в соответствии с характером технологического процесса по взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на пять категорий. Рабочие места аппаратчика по приготовлению химреагентов относятся к категории Б, так как в нем находятся вещества и материалы, образующие пылевоздушные или паровоздушные смеси. В химцехе разработаны меры пожаротушения. Предусмотрена пожарная сигнализация, имеются пожарные краны, планы эвакуации, проводятся соответствующие инструктажи, ознакомление с нормативными документами.

К механическим опасным факторам данного рабочего места относится оборудование: насосы, трубопроводы с реагентами, емкости-хранилища

реагентов, арматура, приборы контроля. Способами защиты от воздействия механических факторов является соблюдение правил эксплуатации оборудования и соблюдения техники безопасности на рабочем месте.

Общими мерами безопасности является наличие зоны периметров безопасности, регулярный инструктаж работников по соблюдению мер безопасности.

#### 5.4 Охрана окружающей среды

Химический цех ТЭЦ не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду в связи с высокой степенью защиты и контроля содержащимися вредными химическими веществами в эксплуатируемом оборудовании.

Эксплуатация оборудования организована в соответствии с требованиями Приказа Ростехнадзора от 21 ноября 2013 г. № 559 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правил безопасности химически опасных производственных объектов» (Зарегистрировано в Минюсте России 31 декабря 2013 г. № 30995).

Для каждого технологического процесса определены критические значения параметров для участвующих в процессе химически опасных веществ. Допустимый диапазон изменения параметров установлен с учетом характеристик химико-технологического процесса. Технические характеристики системы управления и противоаварийной защиты (ПАЗ) приняты в соответствии со скоростью изменения значений параметров процесса в требуемом диапазоне.

## 5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

На территории химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» опасной чрезвычайной ситуацией является разгерметизация оборудования, что в последствии, приведет к выбросу опасных веществ.

В целях предупреждения аварийных выбросов опасных веществ предусмотрены следующие мероприятия:

- баки-хранилища раствора серной кислоты и раствора натра едкого выполнены из материала марки Сталь 3;
- баки-хранилища имеют коррозионную защиту в виде наружной покраски.

Основными системами автоматического регулирования и блокировок являются переливные трубы баков-хранилищ раствора серной кислоты и раствора натра едкого, которые выведены в дренажный приямок, и оснащены приборами контроля максимального уровня. При достижении максимального уровня, датчики блокируют работу перекачивающего насоса кислоты.

Для предотвращения взрывопожаробезопасности имеются в наличии огнетушители ОП-8 и ОУ-5.

Для своевременного обеспечения персонала информацией о контролируемых технологических параметрах и состоянии оборудования и обеспечения систем и средств оперативно-диспетчерского управления сигналами для автоматического пуска, остановки и управления механизмами предусмотрены современные технические средства контроля, размещаемые на технологическом оборудовании и щитах КИП. Щиты КИП устанавливаются непосредственно в производственных помещениях у технологического оборудования (местные щиты КИП) и на Щите управления химцеха ТЭЦ.

Меры электробезопасности при эксплуатации технических средств автоматизации приняты согласно ПУЭ для электроустановок до 1000 В.

Для оперативного управления производством и связи с рабочими местами химического цеха ТЭЦ предусматривается внутренняя станционная телефонная связь.

Подача электроэнергии осуществляется с районной подстанции (РПП) 110/35/6 кВ. Питание электропотребителей химического цеха ТЭЦ осуществляется от двух силовых трансформаторов на две секции ХВО. Электропитание осуществляется от шин распределительного устройства (РУ) 0,4 кВ ХВО. Электроприемники по надежности электроснабжения относятся ко II категории.

Химико-технологические системы оснащены средствами контроля за параметрами, определяющими химическую опасность процесса с сигнализацией, а также средствами автоматического регулирования и ПАЗ.

Щит управления химического цеха ТЭЦ размещен в здании химического цеха, что обеспечивает надежную защиту персонала от воздействия аэрозоля серной кислоты при аварии.

Также предусмотрены системы ПАЗ, предупреждающие возникновение аварии при отклонении от предусмотренных технологическим регламентом на производство продукции предельно допустимых значений параметров процесса во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе.

Энергетическая устойчивость обеспечивается выбором рациональной схемы энергоснабжения, количеством источников электропитания (основных и резервных), их надежностью и возможностью обеспечить безаварийный останов технологического процесса химцеха ТЭЦ при возникновении сбоев или аварий в системе энергоснабжения.

Средства обеспечения энергоустойчивости обеспечивают способность функционирования средств ПАЗ в течение времени, достаточного для исключения опасной ситуации.

Для химического хозяйства ТЭЦ на стадиях, связанных с хранением и транспортированием химически опасных веществ, предусмотрены меры и

средства, максимально снижающие попадание химически опасных веществ в атмосферу производственного помещения (рабочей зоны), а также контроль содержания химически опасных веществ в воздухе.

Предусмотрены необходимые организационные меры, обеспечивающие учет технических средств, предусмотренных документацией на технологические системы, защиту персонала от воздействия этих веществ при химическом поражении и других авариях.

На ТЭЦ разработан и утвержден План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий, в котором предусматривают действия персонала по предупреждению аварий, а в случае их возникновения – по локализации и максимальному снижению тяжести последствий, а также технические системы и средства, используемые при этом.

План мероприятий разработан в соответствии с порядком, установленным постановлением Правительства Российской Федерации от 26 августа 2013 г. № 730 «Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2013, № 35, ст. 4516).

Персонал химцеха ТЭЦ обучен и аттестован в области промышленной безопасности в соответствии с порядком, установленным нормативными правовыми актами федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, а также имеет профессиональную подготовку, в том числе по безопасности труда. Все работники обучены правилам использования и простейшим способам проверки исправности средств индивидуальной защиты и прошли тренировку по их применению.

Организация работ по поддержанию надежного и безопасного уровня эксплуатации и ремонта технологического и вспомогательного оборудования, трубопроводов и арматуры, систем контроля, противоаварийной защиты, средств связи и оповещения, энергообеспечения, а также зданий и сооружений; распределение обязанностей и границ ответственности между техническими

службами (технологической, механической, энергетической, контрольно-измерительных приборов и автоматики) за обеспечением требований промышленной безопасности, а также перечень и объем эксплуатационной, ремонтной и другой технической документации определены внутренними распорядительными документами, устанавливающими требования безопасного проведения работ на территории ТЭЦ.

## 5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для улучшения условий аппаратчика по приготовлению химреагентов следует предпринять меры по защите его от воздействия вредных и опасных факторов.

В результате анализа вредных и опасных факторов химического цеха ТЭЦ по замерам физических факторов можно сделать вывод, что для устранения вредных факторов необходимо провести следующие мероприятия:

- поскольку уровень шума является пограничным, необходимо проведение мероприятий по снижению уровня шума и степени его воздействия на персонал. Применяются противозумные вкладыши из ультратонкого волокна «Беруши». Они эффективны для снижения шума на средних и высоких частотах на 10–15 дБ. Так же в местах с наибольшим значением шума применять наушники, снижающие уровень звукового давления на 7–38 дБ;

- для защиты от пыли используют технологии с закрытым циклом (трубопроводы, кожухи); автоматизируют и используют дистанционное управление технологическими процессами; применяют общую и местную вытяжную вентиляцию помещений и рабочих мест; применяют индивидуальные средства защиты (очки, противогазы, респираторы, маски, спецодежду, спецобувь, различные мази);

- в качестве средств защиты от повышенных или пониженных температур воздуха и температурных перепадов используют оградительные устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации;



– термоизолирующие; дистанционного управления, а также средства индивидуальной защиты и спецодежду – полушубки; халаты; комбинезоны, жилеты; сапоги; боты; рукавицы; наладонники; шапки и т.д.;

– для улучшения производственного освещения помещения осуществлено равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающих предметах, в светильниках используются газоразрядные люминесцентные лампы по спектральному составу наиболее близкие к естественному солнечному свету.

Для обеспечения безопасности персонала от воздействий вредных и опасных факторов предприняты достаточные меры, обеспечивающие сохранение жизни и здоровья персонала.

## Заключение

Анализ и оценка риска аварии и принятых мер по предупреждению и готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии, показывает, что химический цех ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» соответствует требованиям промышленной безопасности и эксплуатации опасного производственного объекта.

Наиболее опасной составляющей является открытая площадка хранения химически опасных веществ, на которой одновременно может находиться до 150 м<sup>3</sup> (275,34 т) 94–98 % раствора серной технической кислоты и до 300 м<sup>3</sup> 443,37 т 44–46 % раствора натра едкого.

В результате проделанной работы и расчетов, можно сделать следующие выводы:

- изучив литературные источники на предмет возможных аварийных ситуаций на ТЭЦ выяснили, что основной потенциально опасной составляющей ТЭЦ, является цех ХВО в котором расположены резервуары, хранилища химических реагентов;

- проанализировав последствия аварийных выбросов серной кислоты и натра едкого из резервуаров на открытой площадке химического цеха ТЭЦ и условия их возникновения, сделали заключение о необходимости расчета химической обстановки и разработки ситуационного плана сценария аварийной ситуации с разливом серной кислоты и натра едкого, при условии разгерметизации оборудования;

- рассчитаны вероятные зоны поражения серной кислотой, с площадью пролива 166,6 м<sup>2</sup> и радиусом первичного облака 1,44 м. Натром едким, с площадью пролива 333,3 м<sup>2</sup>. Разработан ситуационный план сценария аварийной ситуации при разрушении бака-хранилища с серной кислотой;

- разработана оперативная часть плана локализации и ликвидации аварийной ситуации, в которой рассмотрены способы и средства

предупреждения, локализации и ликвидации аварийной ситуации, порядок оповещения и действия персонала;

- произведен расчет экономического ущерба при возникновении чрезвычайной ситуации на открытой площадке химцеха ТЭЦ, который составляет 4789126,47 руб.;

- исследовано рабочее место аппаратчика по приготовлению химреагентов на предмет возникновения вредных и опасных производственных факторов, в последствии были выявлены:

- вредные факторы – шум, пыль, температура, освещение;
- опасные факторы – опасные химические вещества.

Предложены мероприятия по снижению воздействия этих факторов. Такие как применение шумоизоляционных материалов, оборудование рабочих мест местной вытяжной вентиляцией, дистанционного управления и автоматизации технологического процесса, индивидуальных средств защиты.

Все поставленные задачи решены в полном объеме, цель достигнута – оценить риск и рассчитать последствия аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод».

## Список используемых источников

1. Классификация химически опасных объектов [Электронный ресурс] Студопедия, 2016. – Режим доступа: [http://studopedia.ru/view\\_factors.php?id=54](http://studopedia.ru/view_factors.php?id=54). Дата обращения: 04.03.2020 г.
2. Химическое производство [Электронный ресурс] / Студопедия, 2020 – Режим доступа: [http://studopedia.ru/3\\_191315\\_himicheskoe-proizvodstvo.html](http://studopedia.ru/3_191315_himicheskoe-proizvodstvo.html). Дата обращения: 04.03.2020 г.
3. Энергетическое обследование ТЭЦ промышленного машиностроительного предприятия. Водоподготовка ТЭЦ. [Электронный ресурс] / <http://www.denisov-vinskiy.ru/energoauditorskoe/list/energy-examination-of-NES-IEE-main-3-1-4>. Дата обращения 19.03.2020 г.
4. Безопасность жизнедеятельности. Аварии на химически опасных объектах. [Электронный ресурс] / [www.Grandars.ru](http://www.Grandars.ru), 2016. <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/avarii-na-himicheskii-opasnyh-obektah.html>. Дата обращения 19.03.2020 г.
5. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 26 с.
6. ГОСТ Р 51901.13-2005 Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 16 с.
7. ГОСТ 2184-77 Кислота серная техническая. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1990 – 18 с.
8. Маршалл В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл; пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 672 с.
9. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. М. Кумамото. – М.: Машиностроение. 1984. – 528 с.
10. Вредные вещества в промышленности / Под ред. Н. В. Лазарева, Э. Н. Левиной; 7-е изд. – Л.: Химия, 1977. – 365 с.

11. Алексахин С.В. Прикладной статистический анализ / С.В. Алексахин и др. – М.: ПРИОР. 2001. – 224 с.
12. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2000. – 480 с.
13. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями / А. Хальд. – М.: Изд-во иностр. лит., 1956. – 642 с.
14. Измалков В.И. Безопасность и риск при техногенных воздействиях / В.И. Измалков, А.В. Измалков. – М.: НИЦЭБ РАН, 1994 г. – 269 с.
15. Потехин Г.С. Управление риском в химической промышленности / Г.С. Потехин, Н.С. Прокоров, Г.Ф. Терещенко // Журнал Всесоюзного хим. об-ва им. Д.И. Менделеева, 1990. – Т. 35. – Вып. 4. – 421–424 с.
16. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей /Под общ. ред. Н.В. Лазарева. — 7- е изд., перераб. и доп. — В 3 т. – Л.: Химия, 1977. - Т. 3. - 41–43 с
17. Справочник сернокислотчика: Изд. 2-е, п/р К.Н. Малина, - М.: Химия, 1999 г., – 101 с.
18. Средства индивидуальной защиты. Справочное пособие. П/р. С.Л. Каминского.- М.: Химия, 1989 г.;
19. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник. П/р А.Н.Баратова и А.Я.Корольченко. Кн.1,2. - М.: Химия, 1990 г. – 48 с.
20. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности. Справочник. П/р. И.В. Рябова. -М.: Химия, 1970 г. – 256-257 с
21. Александров В.Н. Отравляющие вещества / В.Н. Александров, В.И. Емельянов. М.: Воениздат, 1990. 271 с.
22. Амелин А.Г., Яшке Е.В. Производство раствора серной кислоты. - М.: Высшая школа, 1980 г. – 123 с.
23. Некрасов Б.В. Основы общей химии. - М.: Химия, 1965, т.1 - 314-316 с.

24. Козлитин А.М. Методы технико-экономической оценки промышленной и экологической безопасности высокорисковых объектов техносферы / А.М. Козлитин, А.И. Попов. – Саратов: СГТУ, 2000. – 147 с.
25. Козлитин А.М. Теоретические основы и практика анализа техногенных рисков. Вероятностные методы количественной оценки опасностей техносферы / А.М. Козлитин, А.И. Попов, П.А. Козлитин. – Саратов: СГТУ, 2002. – 118 с.
26. Козлитин А.М. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка: детерминированные методы количественной оценки опасностей техносферы: учебное пособие / А.М. Козлитин, Б.Н. Яковлев; под ред. А.И. Попова. Саратов: СГТУ, 2000. – 124 с.
27. Козлитин А.М. Совершенствование методов расчета показателей риска аварий на опасных производственных объектах / А.М. Козлитин // Безопасность труда в промышленности, 2004. – № 10. – С. 35–42.
28. Козлитин А.М. Обоснование и разработка методов оценки техногенных опасностей тепловых электростанций. / А.М. Козлитин. – Саратов: СГТУ, 2010. – 183 с.
29. Козлитин П.А. Теоретические основы и методы системного анализа промышленной безопасности объектов теплоэнергетики с учетом риска: Монография / П.А. Козлитин, М.А. Козлитин. Саратов: СГТУ, 2009. – 156 с.
30. Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ. Руководство по безопасности. ФП от 20.04.2015г. № 158. [Электронный ресурс] / <http://www.garant.ru/>, 2020. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70900308>. Дата обращения 30.04.2020 г.
31. Справочник сернокислотчика / К.М. Малин, Н.Л. Аркин, Г.К. Боресков, М.Г. Слинько. – М.: Химия, 1971. – 268 с.
32. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / М.В. Бесчастнов. – М., 1991. – 432 с.
33. Франке З. Химия отравляющих веществ / З. Франке; в 2 томах: пер. с нем. – М.: Химия, 1973. – Т. 1 – 440 с. – Т. 2 – 404 с.

34. Показатели опасности веществ и материалов. / А.К. Чернышев, Б.А. Лубис, В.К. Гусев, Б.А. Курляндский, Б.Ф. Егоров; под общ. ред. В.К. Гусева. – М.: Фонд им. И. Д. Сытина, 1999. – 524 с.
35. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд. / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др.; в 2кн. – М.: Химия, 1990. – 73 с.
36. 31. Физические величины: Справочник / Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоиздат, 1991. – 1232 с.
37. Краткая химическая энциклопедия. – М.: Изд-во Советская энциклопедия, 1965. – 340 с.
38. Декларации Российского научного общества анализа риска «О предельно допустимых уровнях риска» / А.А. Быков, Б.Н. Порфирьев, А.Н. Елохин, Н.А. Махутови др. // Проблемы анализа риска, 2006. – Т. 3. – № 2. – С. 162–168.
39. Автоматизированная распределенная информационно-поисковая система (АРИПС) «Опасные вещества» / 2430 веществ. – М.: РПОХВ, 2003. – 28 с.
40. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик. – М.: Физматиздат, 1963. – 708 с.
41. Химия. Справочные материалы / Под ред. Третьякова Ю.Д., 2 изд., М., 1988. – 68 с.
42. Организация освещения рабочего места [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.svetpro.ru>. Дата обращения 03.05.2020 г.
43. Нормы искусственной освещенности СНиП 23-05-95. 52. ГОСТ 13822-74 Светильники. Виды освещения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1986. – 28 с.
44. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1980. – 48 с. 54. Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока. [Электронный ресурс] –

Режим доступа: <http://malahitirk.ru/index.php/2011-01-13-09-04-43/202>. Дата обращения 07.05.2020 г.

45. Большая Советская энциклопедия. Теплоэлектроцентраль. [Электронный ресурс] / <http://allencyclopedia.ru>, 2016. – Режим доступа: <http://allencyclopedia.ru/76690>. Дата обращения: 17.04.2020 г.

46. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. / Е.Я. Соколов – М., 1975. – 82 с.

47. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. / В.Я. Рыжкин – М., 1976. – 153 с.

48. Елизаров Д. П. Теплоэнергетические установки электростанций. – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 с.

49. Гительман Л.Д. Энергетический бизнес. / Л.Д. Гительман, Б.Е. Ратников. – М.: Дело, 2006. – 600 с.

50. Самойлов М.В. Основы энергосбережения: учеб. пособие /М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев. 2-е изд., стереотип. – Мн.: БГЭУ, 2002. – 198 с.

51. Стандартизация энергопотребления – основа энергосбережения / П.П. Безруков, Е.В. Пашков, Ю.А. Церерин, М.Б. Плущевский // Стандарты и качество, 1993. – 280 с.



## Приложение А

Количество серной кислоты и натра едкого участвующих в аварии химического цеха ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»

№ сценария	Последствие аварии	Основной поражающий фактор	Количество опасного вещества	
			Участвующее в аварии	Участвующее в создании поражающего фактора
Сценарий С1-1-1	Разгерметизация бака-хранилища с раствором серной кислотой	Химические ожоги Токсическое поражение	50 м <sup>3</sup> (91,78 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)	50 м <sup>3</sup> (91,78 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)
Сценарий С1-2-1	Малая утечка из наземного участка трубопровода с раствора серной кислотой от железнодорожной цистерны до насоса Ду 89×5 длиной 12,0 м	Химические ожоги Токсическое поражение	0,0166 м <sup>3</sup> (0,03 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)	0,0166 м <sup>3</sup> (0,03 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)
Сценарий С1-2-2	Малая утечка из наземного участка трубопровода с раствора серной кислотой от насоса до баков-хранилищ Ду 108×5 длиной 31,5 м	Химические ожоги Токсическое поражение	0,0656 м <sup>3</sup> (0,12 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)	0,0656 м <sup>3</sup> (0,12 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)
Сценарий С1-3	Разгерметизация с последующим истечением жидкости насоса Х 90/33 перекачки раствора серной кислоты	Химические ожоги Токсическое поражение	7,5 м <sup>3</sup> (13,77 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)	7,5 м <sup>3</sup> (13,77 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)
Сценарий С1-4	Разрушение железнодорожной цистерны для перевозки раствора серной кислоты	Химические ожоги Токсическое поражение	32,69 м <sup>3</sup> (60 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)	32,69 м <sup>3</sup> (60 т 94–98 % раствора серной технической кислоты)

Продолжение приложения А

Сценарий С2-1-1	Разрушение бака хранения с раствором натра едкого	Химические ожоги	100 м <sup>3</sup> (147,79 т 44-46% раствора натра едкого)	100 м <sup>3</sup> (147,79 т 44-46% раствора натра едкого)
Сценарий С2-2-1	Разрушение наземного участка трубопровода с раствором натра едкого от железнодорожной цистерны до насоса Ду89×5 длиной 12,0 м	Химические ожоги	0,0166 м <sup>3</sup> (0,0245 т 44-46% раствора натра едкого)	0,0166 м <sup>3</sup> (0,0245 т 44-46% раствора натра едкого)
Сценарий С2-2-2	Разрушение наземного участка трубопровода с раствором натра едкого от насоса до баков хранения Ду108×5 длиной 26,0 м	Химические ожоги	0,541 м <sup>3</sup> (0,098 т 44-46% раствора натра едкого)	0,541 м <sup>3</sup> (0,098 т 44-46% раствора натра едкого)
Сценарий С2-3	Разгерметизация с последующим истечением жидкости насоса Х90/33 перекачки раствора натра едкого (44- 46%)	Химические ожоги	7,5 м <sup>3</sup> (11,08 т 44-46% раствора натра едкого)	7,5 м <sup>3</sup> (11,08 т 44-46% раствора натра едкого)
Сценарий С2-4	Разрушение железнодорожной цистерны для перевозки раствора натра едкого	Химические ожоги	40,60 м <sup>3</sup> (60 т 44-46% раствора натра едкого)	40,60 м <sup>3</sup> (60 т 44-46% раствора натра едкого)

## Приложение Б

### Графическое представление последствий аварии по сценарию С1-1-1



## Приложение В

### План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварии в химическом цехе ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» для сценариев с проливом серной кислоты и натра едкого

Наименование, уровень и место аварийной ситуации	Опознавательные признаки аварийной ситуации	Оптимальные способы противоаварийной защиты (ПАЗ)	Технические средства (системы противоаварийной защиты, применяемые при подавлении и локализации аварий (ПАЗ)	Исполнители и порядок их действий
<p>Частичная разгерметизация бака кислоты серной V-50 м<sup>3</sup> или бака натра едкого V-100 м<sup>3</sup> на открытой площадке склада</p>	<p>Резкий запах, течь вещества из бака; наличие разлива вещества на площадке склада</p>	<p>Наличие автоматической системы обнаружения и контроля – нет; визуальный осмотр баков хранилищ</p>	<p>Запорная арматура, насос перекачки кислоты, переносной насос, резиновые рукава.</p>	<p>1. Начальник смены химического цеха, заметивший аварию, предупреждает окружающих работников, немедленно оповещает начальника химического цеха и начальника смены станции;                  2. Начальник смены станции оповещает директора ООО «ЮТЭЦ», главного инженера ООО «ЮТЭЦ». Далее по утвержденной схеме;                  3. Главный инженер ТЭЦ, начальник химического цеха производит разведку места аварии, оценку обстановки, объявлением района открытого склада химреагентов опасной зоны, выставляют посты охраны опасной зоны;</p>

Продолжение приложения В

			<p>4. Директор ООО «ЮТЭЦ», главный инженер производят оповещение руководства предприятия, персонал ТЭЦ о возникновении аварии по громкоговорящей связи;</p> <p>5. Начальник химического цеха, главный инженер комплектует оперативно-спасательный отряд из числа производственного персонала химического цеха в количестве 6 чел.;</p> <p>6. Оперативно-спасательный отряд химического цеха надевают изолирующие средства защиты органов дыхания, кожи и принимают меры по поиску возможно пострадавших и производят эвакуацию, при этом немедленно включают пострадавшего изолирующей дыхательный аппарат и выводят на свежий воздух. До прибытия медработников первую медицинскую помощь возможно пострадавшему оказывает производственный персонал химического цеха владеющие этими приемами;</p> <p>6.1. После окончания работ по спасению и выводу людей из загазованной зоны, отряд приступает к локализации</p>
--	--	--	--

Продолжение приложения В

			<p>аварийной ситуации под руководством начальника химического цеха;</p> <p>6.2. Вручную открыть запорную арматуру на баках вещества, насосе и перекачать вещество из аварийного бака в резервный;</p> <p>6.3. Установить переносной насос на дренажный приямок склада и откачать вещество в резервный бак или бак-нейтрализатор через стационарный вертикальный насос, установленный в кислотнo-щелoчном помещении;</p> <p>7. Директор ООО «ЮТЭЦ», главный инженер производят доукомплектование и сбор аварийно-спасательной бригады – 2 звена НАСФ ТЭЦ;</p> <p>8. Выдвижение сил и средств в район аварии, развертывание передвижного командного пункта и сборного пункта – автобус, автомобили, бульдозер, самосвал, автомобиль «скорой медицинской помощи» и т.д.;</p> <p>9. Главный инженер информирует Госорганы по списку оповещения об аварии принятых мерах;</p> <p>10. Выполнение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) по</p>
--	--	--	---

Продолжение приложения В

				<p>локализации и ликвидации аварий производится под руководством главного инженера – ответственного руководителя работ. Дегазацию – нейтрализацию разлившейся кислоты, сбор и вывоз производится с участием дополнительных сил под руководством ответственного руководителя работ;</p> <p>12. Доклад о выполнении АСДНР и ликвидация аварии производит главный инженер – ответственный руководитель.</p>
--	--	--	--	--

## Приложение Г

Схема оповещения руководителей ООО «ЮТЭЦ» и Управления по делам ГОиЧС г. Юрги при аварийной ситуации на ТЭЦ (время оповещения 30 мин)

