

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Противопожарные системы

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Пожарная безопасность сливно-наливных операций сырья  
производства капролоктама: бензол, циклогексан, циклогексанон

Обучающийся

А.Б. Арутюнян

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Е.В. Полякова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

О.А. Головач

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Аннотация

Тема: «Пожарная безопасность сливно-наливных операций сырья производства капролоктама: бензол, циклогексан, циклогексанон».

В разделе «Сливно-наливные операции сырья производства капролоктама: бензол, циклогексан, циклогексанон» представлены особенности производства капролоктама, технологические процессы.

В разделе «Анализ пожарной безопасности сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты» представлено описание пожарной опасности процесса сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты.

В разделе «Совершенствование системы обеспечения пожарной безопасности сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты» предложены мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты.

В разделе «Охрана труда» производится оценка уровней профессионального риска на рабочих местах предприятия.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» определена антропогенная нагрузка предприятия на окружающую среду и оформлены результаты производственного экологического контроля по предприятию.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» выполнена оценка эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Количественная характеристика работы: объем работы составляет 73 страницы, 14 рисунков, 17 таблиц.

## Abstract

Topic: “Fire safety of discharge and loading operations of caprolactam production raw materials: benzene, cyclohexane, cyclohexanone”.

In the section “Discharge and loading operations of caprolactam production raw materials: benzene, cyclohexane, cyclohexanone” features of caprolactam production, technological processes are presented.

In the section “Analysis of fire safety of discharge and loading operations of caprolactam production raw materials at the object of protection” the description of fire danger of the process of discharge and loading operations of caprolactam production raw materials at the object of protection is presented.

In section “Improvement of system of maintenance of fire safety of discharge and loading operations of raw materials of caprolaktam production at the object of protection” the measures directed on maintenance of fire safety of discharge and loading operations of raw materials of caprolaktam production at the object of protection are offered.

In the section “Labor protection” there is an assessment of professional risk levels at workplaces of the enterprise.

In the section “Environmental protection and environmental safety” the anthropogenic load of the enterprise on the environment is determined and the results of industrial ecological control of the enterprise are formalized.

In the section “Assessment of the effectiveness of measures to ensure technosphere safety” an assessment of the effectiveness of the developed measures to ensure technosphere safety is carried out.

Quantitative characterization of the work: the volume of the work is 73 pages, 14 figures, 17 tables.

## Содержание

Введение.....	5
Термины и определения .....	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Сливно-наливные операции сырья производства капролоктама: бензол, циклогексан, циклогексанон .....	10
2 Анализ пожарной безопасности сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты.....	21
3 Совершенствование системы обеспечения пожарной безопасности сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты .	32
4 Охрана труда.....	48
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность .....	54
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	59
Заключение .....	67
Список используемых источников.....	70

## Введение

Актуальность исследования обусловлена пожарной опасностью легковоспламеняющихся жидкостей.

Пожар на сливно-наливных эстакадах, содержащих горючие жидкости, представляет собой один из основных пожарных рисков, связанных с резервуарными сооружениями (парками, резервуарами).

Независимо от причин возникновения пожаров, каждая эстакада приёма и (или) выдачи легковоспламеняющейся жидкости должна быть оснащена стационарной системой пожаротушения.

Система должна быть спроектирована таким образом, чтобы действовать быстро и тушить вспышку пожара, сводя к минимуму последующий ущерб.

Для максимальной безопасности людей, находящихся на объекте, все инженерные системы должны работать как единое целое:

- профилактические меры;
- автоматика выявления возгораний;
- грамотные действия пожарных служб;
- надежная работа инженерного оборудования во время пожара.

Цель исследования – обеспечение пожарной безопасности сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты.

Задачи:

- изучить особенности производства капролоктама, технологические процессы, привести характеристику применяемого оборудования, приспособлений и инструментов;
- провести анализ организации процесса сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты;
- изучить пожарную опасность процесса сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты;

- провести анализ объектов с наиболее опасными веществами, при горении в которых выделяются опасные токсичные продукты, а также возможные причины возникновения пожара;
- описать выявленные особенности и проблемы в процессе обеспечения пожарной безопасности сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты;
- произвести оценку профессионального риска на рабочих местах предприятия;
- оценить нагрузку предприятия на окружающую среду (атмосферу, водные объекты, почва);
- выполнить оценку эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

## Термины и определения

В настоящей работе применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [18].

Пожарная опасность веществ и материалов – «состояние веществ и материалов, характеризующее возможность возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [18].

Противопожарный режим – «комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации объекта (изделия), направленных на обеспечение его пожарной безопасности» [3].

Система обеспечения пожарной безопасности – «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами» [18].

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяют следующие сокращения и обозначения:

АДС – анализ деревьев событий.

АС – аварийная ситуация.

АСФ – аварийное спасательное формирование.

АУПВП – автоматическая установка пожаротушения высокократной пеной.

БРГ – блок рабочего газа.

ВКР – выпускная квалификационная работа.

ВПЭ – водопленочный теплозащитный экран.

ГЖ – горючие жидкости.

ДВПЭ – дымоустойчивый эжекторный генератор полидисперсной высокократной пены.

ЗВ – загрязняющее вещество.

КИП и А – контрольно-измерительные приборы и автоматика.

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость.

ЛПК – лафетного пожарный комплекс.

ЛС – лафетный ствол.

НКПРП – нижний концентрационный предел распространения пламени.

ОРО – объект размещения отходов.

ПВУ – пожарная вышка универсальная.

ПДК – предельно-допустимая концентрация.

ППР – правила противопожарного режима.

РВД – рукав высокого давления.

СИЗ – средство индивидуальной защиты.

СУГ – сжиженные углеводородные газы.

ТРоТПБ – технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

УДП – устройство дистанционного пуска взрывозащищенное.

УЗП – устройство запорно-пусковое.

УПВП – устройство ручного пуска.

ФЗоПБ – Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

ЦПИ-Pro – цифровая панель индикации модификации Pro.

ЦПУ – центральный пульт управления.

АТ – температура самовоспламенения.

СННР – гидропероксид циклогексила.

LEL – нижний предел взрываемости.

UEL – верхний предел взрываемости.

## **1 Сливно-наливные операции сырья производства капролоктама: бензол, циклогексан, циклогексанон**

Объектом исследования в данной ВКР является технологического процесса цеха №35 циклогексанона 2-ой очереди производства капролактами.

«Цех №35 является составной частью производства капролактами и служит для получения циклогексанона методом жидкофазного окисления циклогексана кислородом воздуха до циклогексанона и циклогексанола в присутствии катализатора нафтената кобальта с последующим дегидрированием циклогексанола до циклогексанона на ангарском катализаторе КДЦ-10-2 и разделением продуктов дегидрирования методом ректификации с целью выделения целевого продукта» [1].

«Конечным продуктом цеха является циклогексанон, в состав которого входят:

- циклогексанон – не менее 99,9 % масс;
- циклогексанол – не более 0,05 % масс;
- гептанон-2 – не более 0,01 % масс;
- легколетучие – не более 0,01 % масс;
- тяжелокипящие – не более 0,01 % масс;
- вода – не более 0,1 % масс;
- перманганатный индекс – не более 20;
- оптическая плотность – не более 0,1» [1].

«В состав цеха входят:

- отделение окисления циклогексана и ректификации продуктов окисления;
- отделение дегидрирования циклогексанола;
- отделение подготовки сырья и отпуски полуфабрикатов и продукции;
- установка очистки сбросных газов окисления;
- установка сброса стоков;

- высотная выхлопная труба;
- отделение компрессии и конденсации аммиака;
- корпуса, в которых расположены центральные пульты управления (ЦПУ)» [1].

Площадь складов:

- корп. 703 – 10800 м<sup>2</sup>;
- корп. 903 – 1800 м<sup>2</sup>;
- корп. 926 – 1200 м<sup>2</sup>.

В каждой смене на складах корпусов 703,903 работают по 3 человека, в корпусе 926 – по 2 человека.

АС по складу корпуса 926 и железнодорожным сливным эстакадам:

- процессы приема, хранения и выдачи сырья в цеха,
- коррозионная активность создает опасность разгерметизации,
- ошибки эксплуатационного персонала,
- отказ приборов КИП и А,
- умышленные действия.

Вертикальные цилиндрические хранилища стоят на кирпичных фундаментах, что позволяет производить осмотр сварных швов.

Внутренняя поверхность днищ и обечаек хранилищ покрыта защитным антикоррозийным покрытием.

На складе корпуса 926 имеется сигнализация максимальных уровней в хранилищах.

Ежегодно производится наружный осмотр для обнаружения дефектов, 1 раз в 8 лет проводятся гидроиспытания.

При постановке железнодорожных цистерн для слива продукта цистерна фиксируется с обеих сторон специальными башмаками.

Имеется химзащита эстакады, откидных мостиков и площадок обслуживания.

Обеспечивается химическая защита бетонного основания и поддона железнодорожной эстакады, шпал с рельсами под всеми точками слива.

Крепеж крышек используемых цистерн обеспечивает исключение ее срыва избыточным давлением.

Слив цистерн с олеумом и серной кислотой производится через сливное устройство до полного опорожнения. Для предотвращения попадания паров серного ангидрида в атмосферу при сливе, в люк цистерны врезан штуцер для опускания в цистерну сливного устройства.

Для сбора проливов едкого натра с полов существует приямок, из которого они откачиваются в дренажную емкость и далее – в хранилища.

Источники повышенной опасности – хранилища сырья и сливных эстакад.

Условия их эксплуатации соответствуют требованиям промышленной безопасности.

Наиболее опасные технологические операции:

- выдача олеума и серной кислоты из хранилищ в цеха производства капролактама,
- операции слива продуктов из железнодорожных цистерн в хранилища.

Факторы риска АС:

- наличие процессов приема, хранения и выдачи сырья;
- высокая коррозионная активность продуктов.

Всесторонняя оценка риска аварий, принятых мер по предупреждению АС и готовности к действиям по ликвидации последствий аварий показывают, что уровень эксплуатации ОПО соответствует требованиям промышленной безопасности.

«Горючие жидкости – бензол, циклогексан, циклогексанон, циклогексанол» [1].

«Общее количество горючих жидкостей в цехе № 22 – 1128 тонн, в цехе № 35 – 890 тонн» [1].

«Расстояние между цехом 22 и 35 – 1545 м» [1].

«Площадь цеха № 22 – 1,95 га, цеха № 35 – 1,65 га» [1].

«В каждой смене цехов работает по 20 человек» [1].

Можно предположить, что режим, по которому образуется гидроперекись циклогексила, состоит из ряда стадий реакций.

Так как общая реакция происходит в неионогенной среде, такие реакции являются радикальными.

Циклогексан, около 630 т/ч, поставляется из колонны прямого теплообмена С-5402 и нагревается паром в Е 5402 примерно со 154 °С до 166 °С.

В каждом из этих реакторов окисления R-5411÷16 воздух проходит сквозь горячий жидкий циклогексан через концентрические кольцевые распределители, расположенные в кубе.

Реакция между СННР и воздухом проходит следующим образом: сначала образуется СННР при реакции кислорода воздуха и циклогексана.

Вследствие своей термической нестабильности гидроперекись циклогексила частично разлагается на циклогексанол и циклогексанон.

Кроме того, некоторая часть гидроперекись циклогексила прореагирует с циклогексанолом для образования аддукта (молекулярного соединения), и этот аддукт последовательно разлагается на циклогексанол и циклогексанон с освобождением некоторого количества кислорода. В конечном итоге циклогексанол и циклогексанон могут прореагировать с кислородом в реакционной смеси и с преобразованием в нежелательные побочные продукты, такие как кислоты, тяжелые соединения, окись и двуокись углерода и т.п. Такая модель остается в силе по отношению к так называемой среде «с избытком кислорода». В такой среде коэффициент поглощения кислорода в жидком циклогексане ограничен кинетикой реакций, приводящей к относительно высокой концентрации кислорода в жидком циклогексане. В том случае, если допускается, чтобы подача кислорода в установки окисления уменьшилась до такого значения, что поглощение кислорода в жидкости становится ограниченным диффузией, то ряд побочных реакций станет преобладающим. Такое явление представлено очень высоким соотношением

окси и двуокси углерода в отходящих газах реакторов. Общее количество воздуха, подаваемого воздушным компрессором К-5401, составляет приблизительно 30 т/ч. При температуре реакции примерно 167-170 °С потребляется около 90 % кислорода в подводимом воздухе.

Количество кислорода, подаваемое в каждый реактор, должно превышать необходимое по стехиометрии. Это необходимо для того, чтобы избежать перехода в режим «дефицита кислорода», который является непривлекательным с точки зрения эффективности использования сырья. Такой режим можно обнаружить по количеству двуокси и окиси углерода. Обычно общее количество этих двух соединений составляет примерно 2 или 3 %. В том случае, если подача кислорода в реакторы уменьшится, то окись углерода «резко возрастет» до весьма высоких значений – например, от 5 до 8 %. Кроме того, значение кислорода станет чрезвычайно низким – обычно от 0,2 до 0,3 %. Практический подход заключается в том, чтобы допустить малый процент кислорода в отходящих газах реакторов. Такой процент кислорода в отходящих газах должен составлять примерно от 1 до 2 % по сухому газу. В работе при более высоких концентрациях нет преимущества, так как только не прореагировавший кислород будет сбрасываться с отходящими газами.

Реакции окисления являются экзотермическими.

Теплота реакции уносится испарением части не прореагировавшего циклогексана, подаваемого в реакторы окисления. Есть дополнительное преимущество в том, что реакционная система поддерживается в стабильном равновесии, так называемом «автотермическом режиме работы».

Температура должна регулироваться до такого значения, при котором прореагирует достаточно кислорода воздуха для достижения желаемой производительности. Более высокие температуры не требуются и будут экономически неэффективными вследствие увеличения потребления пара в Е-5402.

Недостатком режима с пониженной температурой является то, что коэффициент поглощения кислорода и, следовательно, производительность

будут уменьшаться, а реакция окисления может остановиться полностью. Экспериментальные данные показали, что последний эффект происходит при температуре около 150 °С.

Для опорожнения каждого технологического блока проектом предусмотрены системы аварийного освобождения, обеспеченные запорными быстродействующими устройствами с автоматически управляемыми приводами.

В случае аварийной ситуации, при срабатывании блокировки или системы ПАЗ, в аварийном блоке произойдет следующее:

- закрытие отсечной арматуры, установленной на границе со смежными блоками;
- открытие отсечной арматуры на трубопроводах аварийного слива от оборудования, с последующим освобождением блока от ЛВЖ самотеком через общий коллектор на установку аварийного слива (корпус 820) в резервуар;
- в случае аварийной ситуации, связанной с разгерметизацией одной позиции оборудования технологического блока, произойдет разлив жидкой фазы в поддон, с последующим выводом ЛВЖ через трап и коллектор ливневых стоков самотеком в емкость сбора стоков корпуса 834.

После освобождения от ЛВЖ аварийного блока в коллекторе аварийного слива возможно образование вакуума, который в свою очередь приведет к попаданию воздуха в коллектор. Для исключения образования взрывоопасной смеси, вследствие выше указанных причин, в начало коллектора аварийного слива подводится азот давлением 0,6 МПа, что гарантирует отсутствие вакуума.

Трубопроводы аварийного слива от каждого технологического блока объединены в общий коллектор.

Коллекторы аварийного слива и ливневых стоков проложены в заглубленном непроходном канале, с последующим подключением к

резервуару на установке аварийного слива корпуса 820 и соответственно к емкости сбора стоков корпуса 834.

Согласно ФЗ-123 и СП 231.1311500.2015 [10], предусмотрены следующие решения по обеспечению пожарной безопасности:

- оптимальное размещение технологического оборудования и запорной арматуры на площадках, обеспечивающее удобство и безопасность их эксплуатации, а также, возможность проведения ремонтных работ;
- продувка технологического оборудования, в котором происходит обращение горючих веществ перед вводом или выводом из эксплуатации, а также перед проведением ремонтных и регламентных работ, азотом;
- подбор оборудования с учетом климатических и сейсмических условий района размещения объекта;
- прокладка технологических трубопроводов для перемещения ЛВЖ предусмотрена надземным способом с размещением на эстакадах, этажерках, стойках, отдельно стоящих опорах, выполненных из негорючих материалов;
- для повышения пределов огнестойкости конструкций использованы огнезащитные покрытия;
- «применение герметичных систем технологических процессов, накопления и отгрузки готовой продукции, герметичных аварийных и дренажных систем для утилизации ЛВЖ» [22];
- «для повышения надёжности и герметичности оборудования, работающего при избыточном давлении, в проекте предусмотрены предохранительные клапаны, защищающие аппараты и трубопроводы от превышения давления сверх допустимых величин» [23];
- метанол в емкостях хранения и дренажной емкости, а также одорант в расходной емкости находятся под азотной «подушкой»;

- «для перекачки ЛВЖ применены насосы с двойным торцевым уплотнением и магнитной муфтой» [24];
- возможность аварийного слива ЛВЖ в систему закрытого дренажа;
- автоматизация процессов слива, налива и транспортировки по трубопроводам ЛВЖ;
- своевременное удаление пожароопасных отходов производства (осуществляется сбор и периодический вывоз горючих материалов, шлама и замасленной ветоши);
- применение оборудования и режимов проведения технологического процесса, исключающих образование статического электричества при транспортировке по трубопроводам ЛВЖ, при операциях слива ЛВЖ с железнодорожной эстакады и операциях налива ЛВЖ на автомобильных эстакадах с заземлением железнодорожных цистерн и автомобильных цистерн;
- метанол в емкостях хранения и дренажной емкости, а также одорант в расходной емкости находятся под азотной «подушкой»;
- «ограничение скорости подачи дизельного топлива в резервуары и к автомобильной наливной эстакаде» [25];
- «контроль технологического процесса и применение автоматизированной системы управления технологическим процессом, предупреждающий о возникновении предаварийных и аварийных ситуаций и обеспечивающий минимизацию ошибочных действий обслуживающего персонала» [26]. Также предусмотрено управление электроприводной арматурой и клапанами дистанционно с операторной;
- «автоматические газоанализаторы для контроля состояния воздушной среды в производственных помещениях и на наружных площадках рабочей зоны с установкой стационарных датчиков нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПП) газов и паров» [23];

- «при обнаружении опасной загазованности в помещении узла одорирования метанола предусмотрены системы блокировок: включение вытяжной вентиляции Блока дозирования одоранта и отключение всех электропотребителей» [26];
- «автоматические газоанализаторы для контроля содержания кислорода в помещении азотной станции, обеспечивающий подачу предупреждающего светового и звукового сигнала, а также включение вентиляции» [23];
- разделение технологической схемы на отдельные технологические блоки с учетом количественной оценки взрывоопасности технологических блоков;
- установка «на границах (на входе и выходе) технологических блоков быстродействующих отсекающие устройства, которые представлены на соответствующих технологических схемах. Время срабатывания отсекающей арматуры с электроприводом для технологических блоков III категории взрывоопасности» [22] предусмотрено не более 120 с;
- «при пуске или остановке все блоки и узлы установки продуваются инертным газом – азотом» [22];
- «устройства для подключения трубопроводов инертного газа для аппаратов со взрывопожароопасными продуктами» [22];
- «площадками обслуживания с предусмотренными ограждениями, лестницами и проходами, обеспечивающими безопасную эвакуацию производственного персонала около технологического оборудования, расположенного на наружных установках» [22];
- «аварийное освобождение аппаратов от жидкой фазы – в дренажные емкости» [23];
- наличие «ручной и автоматическая системы обнаружения пожара и загазованности» [25];
- наличие устройств молниезащиты и заземления сооружений и

оборудования;

- «применение технологического оборудования и инструментов во взрывозащищённом исполнении» [24] в соответствии с классификацией по ПУЭ.

Требуемые и фактические противопожарные расстояния между основными объектами защиты указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Требуемые и фактические противопожарные расстояния между основными объектами защиты

Наименование здания (сооружения)	Наименьшее расстояние, м	Фактически принятое расстояние, м	Нормативный документ
Насосная станция	15	86,23	Таблица 3 СП 155.13130.2014 [17]
Автомобильная наливная эстакада	20	124,45	
Площадка аварийного освобождения автоцистерны	20	124,9	
Дренажная емкость	20	140,8	
Железнодорожная эстакада слива метанола и дизельного топлива из ж/д цистерн	20	172,04	
Узел нижнего слива дизельного топлива из ж/д цистерны			
Узел верхнего аварийного и нижнего слива дизельного топлива из ж/д цистерны			
Узел приема метанола из ж/д цистерн	20	172,04	Таблица 3 СП 155.13130.2014
Дренажная емкость стоков с зоны железнодорожной эстакады ЕП-1	20	108,45	
Насосная аварийного слива	15	184	
Насосная приема метанола	15	174,1	
Резервуар горизонтальный стальной наземный	20	43,51	
Узел одорирования метанола	20	37,57	
Площадка размещения контейнера с	20	33,78	
Операторная. Пункт обогрева	30	72,1	
Свеча рассеивания	25	188,81	Таблица 40 СП 4.13130.2013 [15]

Противопожарные расстояния приняты с учетом категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, с учетом класса взрывоопасных и пожароопасных зон и степени огнестойкости зданий и сооружений.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что система противопожарной защиты включает в себя:

- автоматический перевод технологического процесса в безопасное состояние при возникновении предаварийных и аварийных ситуаций;
- предотвращение аварий и их распространения в случае их возникновения;
- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;
- разработку путей эвакуации людей при пожаре;
- систему пожарной сигнализации для объектов;
- систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на сборном пункте;
- наличие систем коллективной защиты и средств индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;
- применение строительных конструкций с требуемой степенью огнестойкости;
- наличие первичных средств пожаротушения (оборудование проектируемых объектов пожарными щитами в соответствии с классом пожара и размером защищаемой площади).

## 2 Анализ пожарной безопасности сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты

Анализ соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты анализа соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности

Контрольные вопросы	Реквизиты нормативных правовых актов	Ответы на вопросы		
		да	нет	неприменимо
«Находятся ли обвалования вокруг резервуаров с нефтью и нефтепродуктами, легковоспламеняющимися и горючими жидкостями, а также проезды через обвалования в исправном состоянии?» [8]	Пункт 296 Постановления Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 <sup>2</sup> (далее – ППР)	+	-	-
«Исключена ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей эксплуатация негерметичного оборудования и запорной арматуры?» [8]	Пункт 297 ППР	+	-	-
«Исключена ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей эксплуатация резервуаров, имеющих перекосы и трещины, проемы или трещины на плавающих крышах, а также неисправного оборудования, контрольно-измерительных приборов, подводящих продуктопроводов и стационарных противопожарных устройств?» [8]	Пункт 297 ППР	+	-	-
«Исключено ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей наличие деревьев, кустарников и сухой растительности внутри обвалований?» [8]	Пункт 297 ППР	+	-	-
«Исключена ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей установка емкостей (резервуаров) на основание, выполненное из горючих материалов?» [8]	Пункт 297 ППР	+	-	-
«Исключено ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей переполнение резервуаров и цистерн?» [8]	Пункт 297 ППР	+	-	-

Продолжение таблицы 2

Контрольные вопросы	Реквизиты нормативных правовых актов	Ответы на вопросы		
		да	нет	неприменимо
«Определен ли порядок отбора проб из резервуаров во время слива или налива нефти и нефтепродуктов на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей?» [8]	Пункт 297 ППР	+	-	-
«Исключен ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей слив и налив нефти и нефтепродуктов во время грозы?» [8]	Пункт 297 ППР	+	-	-
«Проверяются ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей дыхательные клапаны и огнепреградители в соответствии с технической документацией предприятий-изготовителей?» [8]	Пункт 298 ППР	+	-	-
«Производится ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при осмотрах дыхательной арматуры отогрев клапанов и сеток от льда только пожаробезопасными способами?» [8]	Пункт 298 ППР	+	-	-
«Очищаются ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при осмотрах дыхательной арматуры клапаны и сетки от льда?» [8]	Пункт 298 ППР	+	-	-
«Производится ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей отбор проб и замер уровня жидкости в резервуаре при помощи приспособлений из материалов, исключаящих искрообразование?» [8]	Пункт 298 ППР	+	-	-
«Убирается ли на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей пролитая жидкость немедленно?» [8]	Пункт 298 ППР	+	-	-
«Исключено ли хранение на складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей упаковочного материала и тары непосредственно в хранилищах и на обвалованных площадках?» [8]	Пункт 298 ППР	+	-	-
«Установлены ли при хранении баллонов в помещениях газоанализаторы для контроля образования взрывоопасных концентраций?» [8]	Пункт 299 ППР	+	-	-

Продолжение таблицы 2

Контрольные вопросы	Реквизиты нормативных правовых актов	Ответы на вопросы		
		да	нет	неприменимо
Обеспечивается ли пожарная безопасность объекта защиты путем выполнения выбранного условия соответствия в части:				
«обеспечения защиты зданий, сооружений, помещений и оборудования иными системам противопожарной защиты (системой коллективной защиты, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, системой противодымной защиты, системы внутреннего противопожарного водопровода)?» [8]	Статьи 4, 6, 54, 55, 56, 78, 81, 82, 84, 85, 86, 106, 107, глава 31 ТР о ТПБ	-	+	-
«исполнения, размещения, управления и взаимодействия оборудования противопожарной защиты с инженерными системами зданий и оборудованием, работа которого направлена на обеспечение безопасной эвакуации людей, тушение пожара и ограничения его развития)?» [8]	Статьи 4, 6, 54, 61, 78, 82, 83, 103, 104, 106, 107, глава 26 ТР о ТПБ	-	+	-

По результатам анализа соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности установлено, что в нарушении требований Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» на сливо-наливной эстакаде система пожаротушения находится в неисправном состоянии.

«На рассматриваемых опасных производственных объектах основными типовыми процессами являются процессы: прием, хранение, откачка, транспортировка готовой продукции» [12].

«В технологическом процессе обращаются токсичные вещества, горючие жидкости (ГЖ), легковоспламеняющиеся (ЛВЖ), самовозгорающиеся вещества, углеводородные газы, сжиженные углеводородные газы (СУГ) и паровоздушные смеси, которые могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси, что и определяет взрывоопасность производства» [12].

Для защиты зданий, сооружений и наружных установок должны быть

предусмотрены следующие виды пожаротушения:

- автоматические установки пожаротушения блочно-модульных сооружений категории А в соответствии с требованиями СП 486.13130.2009 [16];
- стационарные установки пенотушения и водяного охлаждения (орошения) СП 231.1311500.2015 (лафетные стволы, пожарные гидранты, кольца орошения резервуаров, пеногенераторы);
- наружный противопожарный водопровод СП 231.1311500.2015, СП 8.13130.2020 [14];
- первичные средства пожаротушения.

«Установка пожаротушения состоит из двух секций: секции водяного и секции пенного пожаротушения. Контроль срабатывания секции водяного пожаротушения контролируется контрольно сигнальным клапаном КСК1. Контроль срабатывания секции пенного пожаротушения контролируется водо-воздушным клапаном КСК2» [23].

«При срабатывании любой секции пожаротушения, производится пуск спринклерных насосов ПН1 и ПН2 и дренчерных клапанов защиты путей эвакуации. Выход на номинальный режим работы насоса ПН1 контролируется по показаниям манометра PS1, насоса ПН2 по показаниям манометра PS2, насоса ПН3 по показаниям манометра PS3. В случае отказа пуска или невыхода ПН1 или ПН2 на режим в течение установленного времени, автоматически запускается ПН3» [23].

«При срабатывании секции пенного пожаротушения, производится пуск насосов дозаторов Н1 и Н2. Выход на номинальный режим работы насоса Н1 контролируется по показаниям манометра PS7, насоса Н2 по показаниям манометра PS8. В случае отказа пуска или невыхода Н1 на режим в течение установленного времени, автоматически запускается Н2» [23].

«Поддержание давления в секции водяного пожаротушения производится при помощи жокей-насосов Н3 и Н4. Управление жокей насосом Н3 производится по сигналам датчика давления SP4. Выход на номинальный

режим работы насоса НЗ контролируется по показаниям манометра PS5, насоса Н4 по показаниям манометра PS6. В случае отказа пуска или невыхода НЗ на режим в течение установленного времени, поддержание давления в системе производится Н4. Для жокей-насосов, один раз в неделю, предусмотрена динамическая смена резерва» [23].

«Поддержание давления в секции пенного пожаротушения производится при помощи компрессора. Управление компрессором производится по сигналам датчика давления SP9» [23].

«Управление электродвигателем заполнения пожарного резервуара производится автоматически по сигналам сигнализатора уровня воды в пожарном резервуаре» [23].

В помещении с круглосуточным пребыванием дежурного персонала установлена цифровая панель индикации модификации Pro (ЦПИ-Pro). ЦПИ-Pro ведет протокол событий и в виде световых, звуковых сигналов сигнализирует о:

- прохождении огнетушащего вещества (по направлениям).
- пуске насосов;
- аварийном уровне в пожарном резервуаре;
- аварийном уровне в емкости с пенообразователем;
- не выходе на номинальный режим работы насоса ПН1, ПН2, ПНЗ, Н1, Н2, НЗ;
- не открытии электродвигателем за установленное время.

При выборе расчетных аварийных сценариев из всего технологического оборудования составляющих опасный производственный объект выбираем оборудование с максимальным содержанием опасного вещества, последствия аварийной разгерметизации для которого будут наихудшими (с учетом состояния среды и рабочих параметров технологического процесса).

Развитие возможных аварий, начиная от возникновения причин, приводящих к разгерметизации оборудования [4], до перехода аварий на следующий, более высокий уровень, представлено в виде схем на рисунке 1.

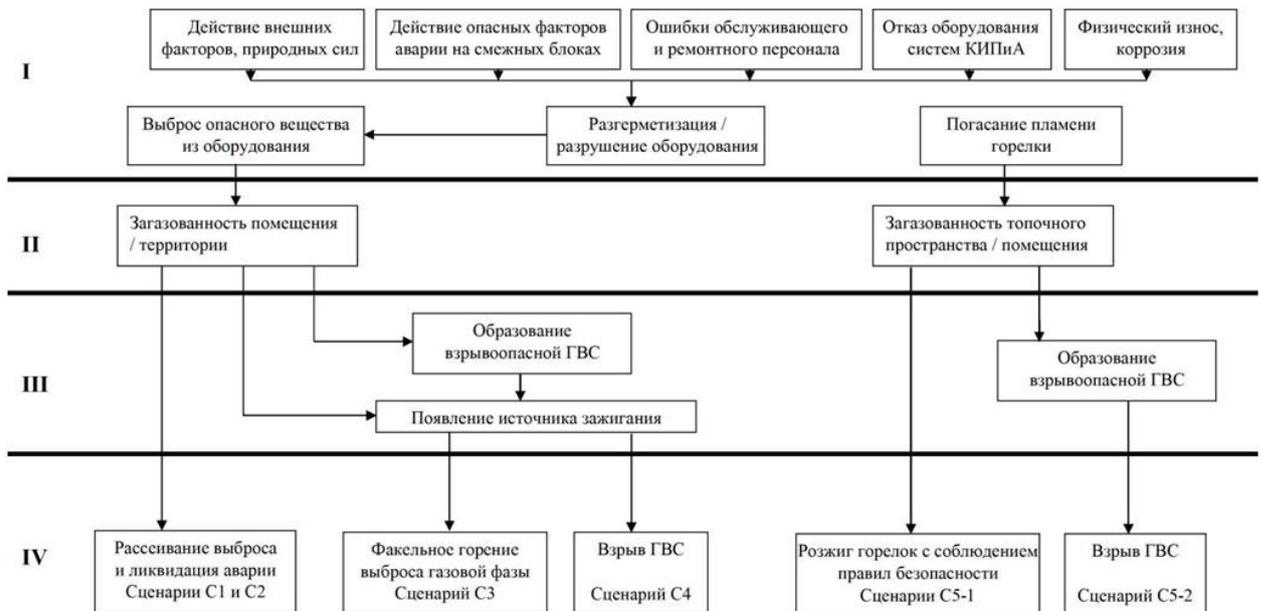


Рисунок 1 – Развитие возможных аварий на объекте

Пожары или взрывы могут возникнуть при попадании паров или жидкостей из контролируемой среды в места, где может находиться источник воспламенения, или, в качестве альтернативы, при попадании источника воспламенения в контролируемую среду. Распространенными причинами таких инцидентов являются:

- недостаточная осведомленность о свойствах легковоспламеняющихся жидкостей;
- ошибка оператора из-за отсутствия подготовки;
- работа в горячем состоянии с контейнерами для легковоспламеняющихся жидкостей или рядом с ними;
- ненадлежащая конструкция оборудования;
- ненадлежащий монтаж или техническое обслуживание;
- неисправность оборудования;
- воздействие тепла от близлежащего костра;
- неправильное использование легковоспламеняющихся жидкостей, например, для сжигания отходов или розжигания костров;

- недостаточный контроль за источниками воспламенения;
- электростатические разряды;
- нагрев материалов выше температуры их самовоспламенения;
- демонтаж или утилизация оборудования, содержащего легковоспламеняющиеся жидкости.

Инциденты, связанные с легковоспламеняющимися жидкостями, обычно возникают во время операций по перекачке, в том числе:

- перемещение со склада;
- слив или налив;
- передвижение внутри помещений;
- использование в технологических процессах;
- утилизация;
- устранение разливов.

«Горение жидкостей происходит, когда воспламеняются легковоспламеняющиеся пары, выделяющиеся с поверхности жидкости. Количество выделяемых жидкостью легковоспламеняющихся паров и, следовательно, степень опасности пожара или взрыва во многом зависят от температуры жидкости, ее летучести, площади поверхности, как долго она подвергается воздействию, и движения воздуха над поверхностью. Другие физические свойства жидкости, такие как температура вспышки, температура самовоспламенения (AIT), вязкость, нижний предел взрываемости (LEL) и верхний предел взрываемости (UEL), дают дополнительную информацию» [24] о том, как могут образовываться смеси пара и воздуха, а также о потенциальных опасностях.

Сценарии С-1: выброс опасного вещества на открытой площадке: разрушение → разгерметизация технологического оборудования → выброс газовой фазы/жидкой фазы на открытой площадке → рассеивание выброса атмосферным воздухом → ликвидация аварии.

Сценарии С-2: выброс опасного вещества в помещении: разрушение → разгерметизация технологического оборудования → выброс газовой

фазы/жидкой фазы в помещении → рассеивание выброса основными и вспомогательными (резервными) средствами вентиляции → ликвидация аварии.

Сценарии С-3: факельное горение струи исходящего газа: разрушение → разгерметизация технологического оборудования → выброс газовой фазы → раннее поджигание истекающей горючей среды при наличии источника инициирования → образование факела горения → термическое поражение персонала объекта и оборудования.

Сценарии С-4: образование и взрыв газовой смеси (ГВС): разрушение → разгерметизация технологического оборудования → выброс газовой фазы → образование взрывоопасной смеси газовой фазы с воздухом рабочей зоны → атмосферным воздухом → взрыв ГВС при наличии источника инициирования взрыва → поражение персонала, оборудования и сооружений избыточным давлением ударной волны.

Сценарии С-5-1: погасание пламени горелки: погасание пламени горелки оборудования → выброс газовой фазы в топочное пространство/окружающую среду → розжиг горелки с соблюдением правил безопасности → ликвидация аварийной ситуации.

Сценарии С-5-2: погасание пламени горелки: погасание пламени горелки оборудования → выброс газовой фазы в топочное пространство/окружающую среду → образование взрывоопасной ГВС в топочное пространство котла / в помещении → розжиг горелки с нарушением правил безопасности → взрыв ГВС при наличии источника инициирования → поражение персонала, оборудования и сооружений избыточным давлением ударной волны.

Дерево сценария аварии (пожар, взрыв) «разгерметизации трубопровода – пожар пролива» при осуществлении сливно-наливных операций слива (налива) циклогексана, циклогексанона производства капролоктама изображено на рисунке 2.

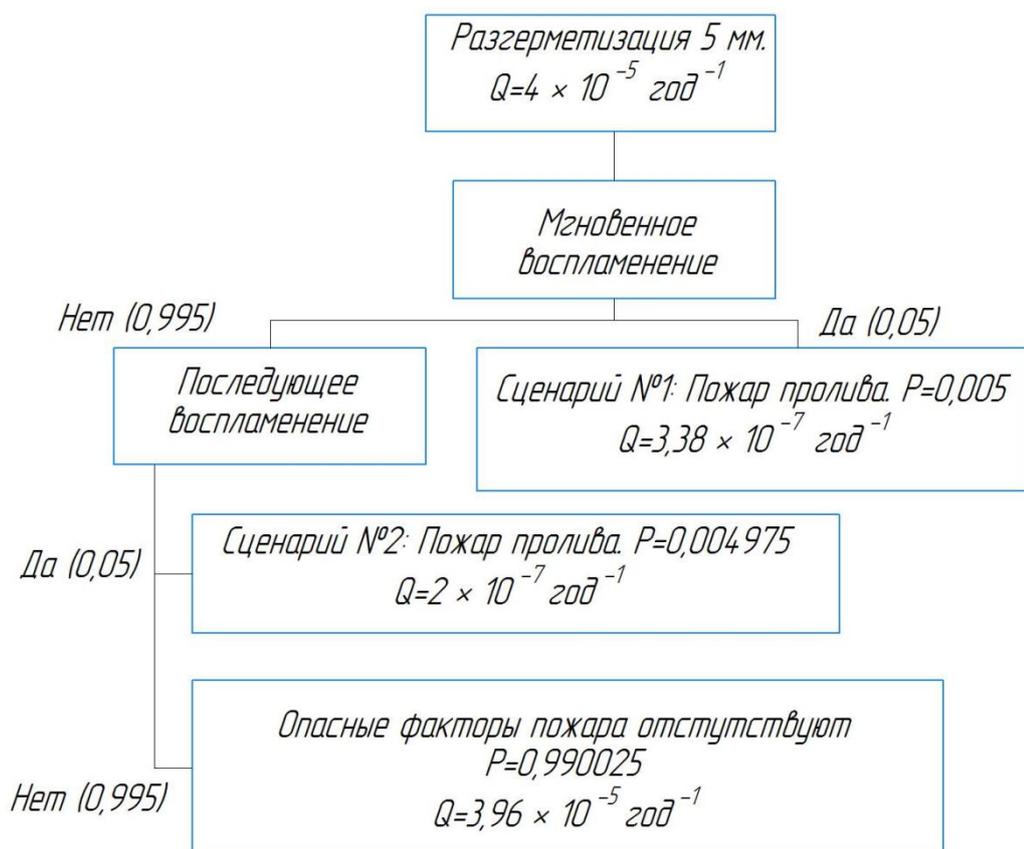


Рисунок 2 – Дерево сценария аварии (пожар, взрыв) «разгерметизации трубопровода – пожар пролива» при осуществлении сливно-наливных операций слива (налива) циклогексана, циклогексанона

Оценка вероятности (частоты) реализации расчетных аварийных сценариев проводилась с помощью метода анализа деревьев событий (АДС).

Основой для построения «дерева» являются статистические данные, опубликованные в открытой печати, нормативных, нормативно-технических актах, специальной и справочной литературе, а также согласно Методике моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ», утвержденной приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 апреля 2015 г. № 158.

При расчетах количества вещества, участвующего в аварии, были приняты так называемые «наихудшие условия»: так, например, при полной разгерметизации (разрушении) оборудования принималось, что все

количество вещества из него поступает в окружающую среду. Выбор в качестве расчетных наиболее опасных сценариев продиктован с одной стороны требованиями нормативно-технической документации к заблаговременному прогнозу аварийных ситуаций, с другой - выбор «наихудших условий» позволяет получить в итоге максимальные размеры зон действия поражающих факторов, показателей риска и значений ожидаемого ущерба.

Изменение величин, используемых в качестве исходных данных, в ту или иную сторону не оказывает существенного влияния на конечные результаты, благодаря выбору «наихудших условий», а также использованию соответствующих расчетных формул.

Согласно фактическим инцидентам, произошедшим по всему миру за последние несколько лет, тушение полного поверхностного пожара в большом резервуаре (более 46 м (150 футов) в диаметре) с использованием мобильного оборудования возможно (резервуары диаметром до 83 м) были успешно потушены с использованием только мобильного оборудования), но требует тщательного планирования, больших устройств доставки и вспомогательного оборудования, а также хорошо обученных команд операторов.

В соответствии с исследованием пожаров, должен быть проведен анализ рисков для оценки осуществимости и обоснованности попыток потушить все наземные пожары. В случае, если это будет сочтено возможным, могут быть рассмотрены мобильные мониторы или стационарные системы в зависимости от местных условий.

Вывод по разделу.

В разделе установлены возможные сценарии АС при хранении сырья на складе корпуса 926:

- разрушение хранилища или цистерны с проливом в поддон и на территорию;
- образование токсичного облака, его распространение;
- интоксикация людей на промплощадке.

В этих случаях максимальное количество людей в зоне поражения – до 20 человек.

Частота аварии по этому сценарию оценивается равной  $2 \times 10^{-8}$  раз в год.

Индивидуальный риск гибели на территории склада оценивается равным  $2 \times 10^{-4}$  раз в год, коллективный –  $2,8 \times 10^{-4}$  раз в год.

Наилучшей защитой сливноналивной эстакады перекачки сырья производства капролактама, содержащих легковоспламеняющуюся жидкость, является наличие стационарного противопожарного оборудования. Использование переносного оборудования для тушения пожара при помощи пенотушения на всей поверхности эстакады затруднительно и сопряжено с опасностью.

Существует множество задокументированных случаев, когда неспособность потушить пожар может быть напрямую связана с отсутствием стационарной системы пожаротушения.

### 3 Совершенствование системы обеспечения пожарной безопасности сливно-наливных операций сырья производства капролоктама на объекте защиты

Для зданий (помещений), сооружений, в которых установлено оборудование, связанное с обращением нефти или нефтепродуктов, как правило, должны применяться установки пожаротушения высокократной пеной.

Сравниваемые показатели традиционных и современных технологий пенного пожаротушения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение традиционных и современных технологий пенного пожаротушения

Сравниваемые показатели	Традиционные технологии пенного пожаротушения	Современные технологии пенного пожаротушения
Тип пенообразователя и кратность применяемой пены	Синтетический углеводородный пенообразователь, средняя кратности	Пленкообразующий пенообразователь, пена низкой кратности
Принцип тушения	Изоляция горючего от воздуха пеной средней кратности	Изоляция горючего от воздуха за счет выделяющейся из пены тонкой изолирующей пленки раствора пенообразователя
Время тушения условного очага согласно ГОСТ Р 505882012, с, не более	300	120
Время повторного воспламенения, с, не менее	Отсутствует	330
Возможность использования для предотвращения взрывов и пожаров при разливах	Практически отсутствует (ограничена несколькими минутами)	Прямое назначение (до 2-3 часов изолирует горючее)
Растекаемость [11] по поверхности горючей жидкости	Стандартная	Повышенная

«Огнетушащая эффективность пены из пленкообразующих пенообразователей типа АFFF значительно выше, чем пены из синтетических (углеводородных) пенообразователей» [26].

«Огнетушащие свойства пенообразователя:

- скорость тушения – отличная;
- сопротивляемость к повторному возгоранию – хорошая;
- устойчивость к углеводородам – отличная» [26].

С учетом назначения защищаемых помещений, высокой пожароопасности обращающихся в них веществ, проектом предусмотрена автоматическая установка пожаротушения высокократной пеной (АУПВП) на базе установки пожаротушения УПВК «Прибой»-1 (основной и резервной).

Каждое защищаемое помещение выделено в отдельное направление пожаротушения:

- насосная №1 – направление 1;
- насосная №2 – направление 2.

Подача огнетушащей пены в защищаемые помещения запроектирована от одной установки АУПВП через запорно-пусковые устройства на каждое направление.

УПВК «Прибой»-1 предназначен для применения в автоматических и автономных системах пожаротушения, для хранения воды и пенообразователя, образования пенораствора и подачи его к пеногенераторам.

УПВК «Прибой»-1 состоит из:

- блока раствора БР, «предназначенного для хранения воды, образования пенораствора и пуска его в систему;
- блока пенообразователя БП, предназначенного для хранения пенообразователя;
- блока рабочего газа БРГ, предназначенного для хранения рабочего газа» [26] под давлением;
- рукавов высокого давления РВД, предназначенных для подачи под давлением воздуха и пенообразователя.

Взрывозащита оборудования во взрывоопасной зоне будет обеспечиваться следующими мероприятиями:

- применение оборудования во взрывозащищенном исполнении;

- применение барьеров искрозащиты;
- применение бронированных кабелей и коммутационных коробок с IP65 при прокладке кабельных и соединительных линий во взрывопожароопасной зоне.

Пеногенератор ЭГВП-100 (рисунок 3) предназначен для получения полидисперсной пены высокой кратности в условиях задымления помещения по принципу эжекции воздуха распыленными струями 6% водного раствора фторсодержащего пенообразователя из распылителей, последовательно расположенных в корпусе пеногенератора.



Рисунок 3 – Пеногенератор ЭГВП-100

«В случае возникновения пожара в защищаемом помещении и срабатывании автоматической системы тушения пожара, водный раствор пенообразователя, подающийся по растворопроводу с рабочим давлением и расходом, соответствующими техническим параметрам пеногенератора, заполняет каналы распределителя пенораствора и, проходя через сопла, преобразуется в распыленные струи» [24].

«Внутренняя часть корпуса выполняет роль первичной камеры смешения, где за счет эжекции происходит насыщение воздухом распыленных струй раствора пенообразователя» [24].

«При попадании струй на сетчатые поверхности направляющего устройства в момент прохождения через отверстия сеток происходит вторичная эжекция воздуха в раствор пенообразователя и образование

множества пузырьков пены высокой кратности, которая заполняет газоздушное пространство защищаемого помещения» [24].

Клапан обратный пружинный с металлическим затвором изображен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Клапан обратный пружинный с металлическим затвором

Предназначен для предотвращения обратного потока среды, герметичного закрытия прохода при обратном направлении течения под действием пружины.

Кран шаровой полнопроходный изображен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Кран шаровой полнопроходной

Кран шаровой – запорное устройство, применяемое при монтаже внутренних трубопроводов. Краны шаровые применяются для перекрытия потока рабочей среды. В кранах шаровых движущаяся деталь имеет форму шара с отверстием для поступления рабочей среды. Крепление к трубопроводу или емкости с помощью муфты с внутренней трубной цилиндрической резьбой по ГОСТ 6357-81 и наружной резьбы.

Устройство запорно-пусковое УЗП-50 изображено на рисунке 6.



Рисунок 6 – Устройство запорно-пусковое УЗП-50

УЗП является устройством многоразового действия, нормально закрытым, с входной, выходной и управляющей полостями, и предназначен для герметичного разделения входной и выходной полости и последующего принудительного объединения их подачей газа (от пиротехнического устройства типа ЭГП) в управляющую полость. УЗП предназначено для применения в автоматических установках пожаротушения для дистанционного управления подачей огнетушащего вещества.

Сигнализатор давления PS120-2 используется в установках автоматического пожаротушения и предназначен для инициирования сигнала включения/выключения дополнительного оборудования при повышении/понижении установленного давления. Диапазон регулировок сигнализатора – от 1,7 бар до 12,1 бар. Сигнализатор давления PS120-2 может использоваться при максимальном давлении в системе до 17 бар.

Сигнализатор заключен в корпус NEMA тип 4, атмосферостойкий и маслонепроницаемый. Температура эксплуатации: от минус 40 °С до плюс 60 °С.

Сигнализатор предназначен как для наружной, так и для внутренней установки. Для подсоединения сигнализатора к наружному трубопроводу используется нейлоновый штуцер с наружной резьбой. Электрическое подсоединение осуществляется по месту посредством кабельной муфты, через которую осуществляется доступ к винтовому зажиму на однополюсной группе переключающих контактов и винту заземления, расположенным на корпусе основания.

В АУПВП применяется для подтверждения факта выпуска

огнетушащего состава, устанавливается на трубопроводы по каждому направлению [13].

Трубопроводы проектируются из оцинкованных стальных труб по ГОСТ 3262-75.

Площадь тушения сливо-наливной эстакады:

$$S_{\text{пож}} = 918,6 \text{ м}^2$$

Расчёт расхода раствора пенообразователя определим по формуле 1:

$$Q_{\text{тр}} = S_{\text{пож}} \cdot J_{\text{тр}} \quad (1)$$

где  $S_{\text{пож}}$  – площадь пожара,  $\text{м}^2$ ,

$J_{\text{тр}}$  – интенсивность тушения пожара,  $\text{л/с} \times \text{м}^2$ .

$$Q_{\text{тр}} = 918,6 \cdot 0,35 = 321,51 \text{ л/с}$$

Расчёт количества пеногенераторов произведём по формуле 2:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{S_{\text{пож}} \cdot J_{\text{тр}}}{q_{\text{гпс}}} \quad (2)$$

где  $S_{\text{пож}}$  – площадь тушения,  $\text{м}^2$ ;

$J$  – интенсивность подачи огнетушащих средств,  $\text{л/с} \times \text{с}$ ;

$q_{\text{гпс}}$  – расход воды пеногенератора,  $\text{л/с}$ .

$$Q_{\text{тр}} = \frac{321,51 \cdot 0,05}{6} = 2,68 \text{ ствола}$$

Принимаем 3 пеногенератора ДВПЭ.

В «одном помещении или в локальной зоне должны применяться ДВПЭ одного типа и конструкции» [21].

«В установках объемного пожаротушения ДВПЭ должны размещаться

на высоте не ниже 1 м над наиболее выступающей частью защищаемого оборудования и распределяться равномерно по площади помещения так, чтобы обеспечить заполнение пеной всего защищаемого объема, включая выгороженные в нем участки» [21].

«В помещениях насосных ДВПЭ должны преимущественно быть сориентированы на насосные агрегаты» [21].

«Для защиты выгороженных участков ДВПЭ должны размещаться непосредственно над защищаемым участком помещения или технологической единицей» [21].

«ДВПЭ должны крепиться непосредственно к конструкциям или через стальные опорные конструкции» [21].

«При площади защищаемого помещения 400 м<sup>2</sup> и более или при наличии восьми ДВПЭ и более, вводы растворопроводов должны располагаться с двух сторон» [21].

Расчёт запаса пенообразователя произведём по формуле 3:

$$V_{no} = N_{гпс} \cdot q_{гпс} \cdot T \cdot K \quad (3)$$

где  $N_{гпс}$  – количество ГПС-600;

$q_{гпс}$  – расход пенообразователя генератором ГПСС-600, л/с;

$T$  – время тушения, с.;

$K$  – коэффициент запаса огнетушащих средств.

$$V_{no} = 5 \cdot 0,36 \cdot 900 \cdot 3 = 4860 \text{ л.}$$

Для хранения такого объёма пенообразователя выбираем бак-дозатор объёмом 5 м<sup>3</sup> (рисунок 7).

Пункты хранения и дозирования пенообразователя должны размещаться в помещениях насосных станций пожаротушения.



Рисунок 7 – Бак-дозатор объёмом 5 м<sup>3</sup>

Ограждающие конструкции пунктов, расположенных на территории объекта в отдельных сооружениях, должны иметь предел огнестойкости не менее RE60 по ГОСТ 30247.1

Расстояние от пунктов до защищаемых сооружений должно быть не менее 40 м.

Расчёт необходимого количества воды произведём по формуле 4:

$$Q_{тр} = N_{гпс} \cdot q_{гпс} \cdot T \cdot K \quad (4)$$

где  $N_{гпс}$  – количество ГПС-600;

$q_{гпс}$  – расход воды генератором ГПСС-600, л/с.

$T$  – время тушения, с.;

$K$  – коэффициент запаса огнетушащих средств.

$$Q_{тр} = S_{пож} \cdot J_{тр} = 5 \cdot 5,64 \cdot 900 \cdot 3 = 76140 \text{ л}$$

Имеющийся на объекте пожарный водоем емкостью 400 м<sup>3</sup> достаточен для осуществления тушения пожара на сливноналивной эстакаде пеной высокой кратности.

«Обнаружение пожара должно осуществляться с помощью автоматических пожарных извещателей, которые должны выбираться и

размещаться с учетом следующих факторов:

- преобладающих информационных признаков пожара в начальной стадии горения;
- типа и свойств горящих веществ и материалов, а также конструктивных особенностей защищаемого сооружения;
- исключения воздействия на автоматические пожарные извещатели возможных источников ложных срабатываний» [21].

Блок контрольно-пусковой С2000-КПБ изображен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Блок контрольно-пусковой С2000-КПБ

Для инициации запуска установки пожаротушения используется блок контрольно-пусковой С2000-КПБ. Блок имеет два технологических шлейфа и шесть выходов реле. Блок обеспечивает включение выходов по заданной программе в соответствии с командами управления, полученными по интерфейсу RS-485.

Извещатель пламени взрывозащищенный «Спектрон 202» изображен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Извещатель пламени взрывозащищенный «Спектрон 202»

Для обнаружения возгорания применяются извещатели пламени

взрывозащищенные «Спектрон-202». Извещатели предназначены для обнаружения возгораний сопровождающихся появлением открытого пламени.

Извещатели обладают устойчивостью к воздействию соляного тумана, возможность применения оптических фильтров для снижения чувствительности извещателя, с целью повышения его помехоустойчивости.

Степень защиты оболочки IP68. Диапазон рабочих температур от минус 55 °С до плюс 55 °С.

Устройство дистанционного пуска взрывозащищенное УДП 535-07е изображено на рисунке 10.



Рисунок 10 – Устройство дистанционного пуска взрывозащищенное УДП 535-07е

Для осуществления дистанционного пуска тушения используется устройство дистанционного пуска взрывозащищенное УДП 535-07е. УДП применяется в системах пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения, предназначен для запуска систем пожарной автоматики. УДП имеет диапазон рабочих температур от минус 60 °С до плюс 85 °С. УДП рассчитан на круглосуточную работу. Степень защиты оболочки IP66.

Извещатель магнито-контактный взрывозащищенный ИО-102-26В изображен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Извещатель магнито-контактный взрывозащищенный ИО-102-26В

Для контроля закрытого состояния дверей и управления режимами работы прибора применяются извещатели ИО-102-26В «АЯКС» исп.20. Извещатели предназначены для блокировки дверей и других конструктивных элементов зданий и сооружений (выполненных как из стальных материалов, так и неметаллических материалов). Извещатель имеет маркировку взрывозащиты OExiaIICT6X и должен подключаться к барьеру безопасности с выходными искробезопасными

Барьер искрозащиты БИБ-02Р-24С представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Барьер искрозащиты БИБ-02Р-24С

Для обеспечения искробезопасности при прокладке шлейфов в помещениях, где могут присутствовать взрывоопасные смеси газов, применяются барьеры искрозащиты БИБ-02Р-24С, формирующие искробезопасные электрические цепи уровня “ia”. Барьер используется для передачи напряжений питания к датчикам, сигнализаторам, блокам и т.д., а так же для передачи информации обратно к вторичным приборам обработки сигналов датчиков с обеспечением искробезопасности. По защищенности от внешних воздействий барьер соответствует классу IP30.

Табло оповещения ПЛАЗМА-Exd-МК-А-С и ПЛАЗМА-Exd-МК-А-СЗ

Для оповещения персонала о состоянии установки применяются световые табло «Пена! НЕ ВХОДИ!», «Автоматика».

ОТКЛЮЧЕНА» типа и светозвуковые табло оповещения «Пена! Уходи!». Табло предназначены для оповещения людей о пожаре посредством светового информационного табло и звукового сигнала. Табло могут применяться во взрывоопасных зонах, внутри и снаружи помещений.

Сигнализатор уровня СУ-300И изображен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Сигнализатор уровня СУ-300И

Сигнализатор уровня СУ-300И предназначен для контроля (сигнализации) предельных положений уровня электропроводных жидкостей в одном или в разных резервуарах.

«Основной режим работы установки — автоматический, когда электрический сигнал на срабатывание установки поступает от системы противопожарной автоматики объекта» [21].

«Срабатывание установки может осуществляться от устройств ручного или дистанционного пуска» [21].

В исходном состоянии подготовленная к работе установка заправлена водой, пенообразователем и сжатым воздухом.

Все элементы управления арматуры в исходном состоянии должны быть опломбированы.

При обнаружении пожара подается сигнал на срабатывание УЗП1, УЗП2, входящих в состав БРГ основной установки, одновременно подается

сигнал на УЗП помещения, в котором произошло возгорание (УЗП5 или УЗП6).

Воздух высокого давления из БРГ поступает в редуктор Р1, где его давление понижается до расчетного (0,8 МПа) и через РВД поступает в емкость ЕП1 блока пенообразователя БП.

Пенообразователь под давлением поступает по РВД в ЕРПА1, где происходит его перемешивание с водой с образованием пенораствора заданной концентрации (6%).

По достижении рабочего давления в емкости ЕРПА1 происходит вскрытие пусковой мембраны и пенораствор поступает в растворопровод, по которому подается в защищаемые помещения на вход пеногенераторов высокой кратности ЭГВП-100.

В случае отсутствия сигнала о сработке сигнализатора давления PS, фиксирующего факт подачи раствора пенообразователя из основной установки УПВП, выдаются команды на пуск резервной установки (УЗП3, УЗП4).

Дежурный режим работы: если в защищаемом помещении проводятся работы, то автоматический режим выключается с прибора С2000-АСПТ, блока С2000-ПТ или считывателя, установленного на входе в помещение, после чего на панели прибора включается индикатор «Автоматика выключена», а над входом в помещение включится световое табло «Автоматика отключена».

Для управления инженерными системами при пожаре прибор С2000-АСПТ оснащен выходами реле «Пожар», «Неисправность», которые при необходимости можно размножить до необходимого количества.

Размещение и обслуживание установки на объекте должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ «Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды, размещение и обслуживание» в отапливаемом помещении с температурой не ниже 5 °С.

Помещение, в котором размещается АУПВП, должно быть канализовано. Предусмотреть трап канализации, либо приямок. Обеспечить

уклон в помещении к трапу или прямку.

Для охлаждения цистерн в зоне эстакады принимаем один лафетный пожарный комплекс.

Основные характеристики лафетного пожарного комплекса (ЛПК) «Антифайер» (рисунок 14) полной заводской готовности по ТУ 28.99.39-051-72410778-2019.



Рисунок 14 – Лафетный пожарный комплекс «Антифайер»

ЛПК состоит из:

- пожарная вышка универсальная (ПВУ) – 1 шт.;
- лафетный пожарный ствол (ЛС-С – 2 шт.) согласно ГОСТ Р 51115-97;
- водопленочный теплозащитный экран (ВПЭ) – 2 шт.;
- основание – 1 шт.;
- фильтр пожарный универсальный – 1 шт.;
- узел для подключения передвижной пожарной техники – 1 шт.

Задача комплекса лафетного пожаротушения - обеспечить возможность работы «ствольщика» в условиях пожара или защитить лафетный ствол в условиях воздействия теплового потока.

Основные технические характеристики ЛПК:

- высота опорной площадки для размещения оператора – 3 м;
- габарит опорной площадки для размещения оператора – 3,9×2,2 м;
- количество лафетных стволов – 2;
- давление максимальное – 1,6 МПа;
- рабочее давление – 0,6-0,8 МПа;
- интенсивность водяного орошения стойки и площадки ПВУ, л/(с·м),  
– не менее 1;
- тип лафетного ствола (ЛС) – водяной ЛС-С «Антифайер»;
- номинальный расход ЛС – 20 л/с;
- радиус действия компактной струи, м, не менее: 35,5 м.

Материальное исполнение:

- пожарная вышка универсальная (ПВУ) низколегированная сталь 09Г2С;
- лафетный ствол (ЛС) «Антифайер» – насадок (ЛС-С)-АД1, 12Х18Н10Т;
- водо пленочный теплозащитный экран (ВПЭ) – 12Х18Н10Т.

«Обслуживание установки в составе системы пожарной защиты объекта (монтаж, зарядка (перезарядка) водой, пенообразователем и воздухом перед вводом в эксплуатацию и после срабатывания, контроль электрической системы запуска, техническое обслуживание и т.д.) должны производиться только специализированными организациями, имеющими соответствующую лицензию» [21].

Настройка редукторов производится на заводе-изготовителе в соответствии с проектным расчетом.

Окраску трубопроводов выполнить в коричневый цвет.

Выводы по разделу.

В разделе установлено, что для зданий (помещений), сооружений, в которых установлено оборудование, связанное с обращением нефти или нефтепродуктов, как правило, должны применяться установки

пожаротушения высокократной пеной.

В ходе данной работы были изучены: техническая документация (ГОСТы и СНиПы); теоретический материал по заданной теме.

Подобраны:

- пеногенераторы;
- пенообразователь типа AFFF;
- извещатель пожарный пламени;
- насосы пожаротушения;
- системы обеспечения охлаждения и защиты цистерн на эстакаде.

Принято 3 пеногенератора ДВПЭ для работы с пенообразователем типа AFFF. Огнетушащая эффективность пены из пленкообразующих пенообразователей типа AFFF значительно выше, чем пены из синтетических (углеводородных) пенообразователей.

В установках объемного пожаротушения ДВПЭ должны размещаться на высоте не ниже 1 м над наиболее выступающей частью защищаемого оборудования и распределяться равномерно по площади помещения так, чтобы обеспечить заполнение пеной всего защищаемого объема, включая выгороженные в нем участки.

Для хранения объёма пенообразователя выбран бак-дозатор объёмом 5 м<sup>3</sup>. Имеющийся на объекте пожарный водоем емкостью 400 м<sup>3</sup> достаточен для осуществления тушения пожара на сливноналивной эстакаде пеной высокой кратности.

## 4 Охрана труда

Управление рисками [19] осуществляется путем выявления опасностей и существующих мер контроля, оценки последствий и вероятности, а также оценки и осуществления мер по предотвращению и смягчению последствий. Управление рисками в основном состоит из 6 этапов.

В соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [5] составим реестр профессиональных рисков для рабочих мест.

«Источники информации об опасностях на рабочих местах:

- данные плановых инспекций, специальной оценки условий труда, производственного контроля;
- обзор происшествий, травм, отчетов по оказанию первой помощи;
- опрос сотрудников;
- статистические данные по травмам, обращениям за медицинской помощью, использование аптечек первой помощи;
- оценка рисков, проведенная другими предприятиями отрасли» [5].

Реестр рисков на рабочих местах машиниста установок, оператора установок и газоспасателя АСФ представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Реестр рисков

Опасность	ID	Опасное событие
Неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов	2.1	Травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов, от которых защищают СИЗ
Скользкие, обледенелые, зажиренные, мокрые опорные поверхности	3.1	Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам

Продолжение таблицы 4

Опасность	ID	Опасное событие
Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.2	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности
	3.3	Падение из-за отсутствия ограждения, из-за обрыва троса, в котлован, в шахту при подъеме или спуске при нештатной ситуации
	3.4	Падение из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот
	3.5	Падение с транспортного средства
Обрушение наземных конструкций	6.1	Травма в результате заваливания или раздавливания
Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.1	Наезд транспорта на человека
	7.2	Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия
	7.3	Раздавливание человека, находящегося между двумя сближающимися транспортными средствами
	7.4	Опрокидывание транспортного средства при нарушении способов установки и строповки грузов
	7.5	Опрокидывание транспортного средства при проведении работ
Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
	13.2	Ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
	13.3	Тепловой удар при длительном нахождении в помещении с высокой температурой воздуха
Поверхности, имеющие высокую температуру (воздействие конвективной теплоты)	13.8	Тепловой удар от воздействия окружающих поверхностей оборудования, имеющих высокую температуру
	13.9	Ожог кожных покровов работника вследствие контакта с поверхностью имеющую высокую температуру

Продолжение таблицы 4

Опасность	ID	Опасное событие
Охлажденная поверхность, охлажденная жидкость или газ	14.1	Заболевания вследствие переохлаждения организма, обморожение мягких тканей из-за контакта с поверхностью, имеющую низкую температуру, с охлажденной жидкостью или газом
Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	22.1.	Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме
Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением
	27.2	Отсутствие заземления или неисправность электрооборудования
	27.3	Нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение СИЗ
	27.4	Воздействие электрической дуги
Шаговое напряжение	27.5	Поражение электрическим током
Искры, возникающие вследствие накопления статического электричества, в том числе при работе во взрывопожароопасной среде	27.6	Ожог, пожар или взрыв при искровом зажигании взрывопожароопасной среды
Наведенное напряжение в отключенной электрической цепи (электромагнитное воздействие параллельной воздушной электрической линии или электричества, циркулирующего в контактной сети)	27.7	Поражение электрическим током

Чтобы решить, был ли риск сведен к минимуму, насколько это разумно осуществимо, необходимо учитывать вероятность причинения вреда персоналу.

Количественная оценка риска рассчитывается по формуле 5:

$$R=A \cdot U, \quad (5)$$

где А – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

Оценка вероятности представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	Практически исключено. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	1
2	Маловероятно	Сложно представить, однако может произойти. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	2
3	Возможно	Иногда может произойти. Зависит от обучения (квалификации). Одна ошибка может стать причиной аварии/инцидента/несчастного случая.	3
4	Вероятно	Зависит от случая, высокая степень возможности реализации. Часто слышим о подобных фактах. Периодически наблюдаемое событие.	4
5	Весьма вероятно	Обязательно произойдет. Практически несомненно. Регулярно наблюдаемое событие.	5

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	Катастрофическая	Групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек). Несчастный случай на производстве со смертельным исходом. Авария. Пожар.	5
4	Крупная	Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней). Профессиональное заболевание. Инцидент.	4

Продолжение таблицы 6

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
3	Значительная	Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней. Инцидент.	3
2	Незначительная	Незначительная травма – микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь. Инцидент. Быстро потушенное загорание.	2
1	Приемлемая	Без травмы или заболевания. Незначительный, быстроустраняемый ущерб.	1

В соответствии Приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 по результатам проведенной идентификации на каждом рабочем месте заполняется анкета (таблица 7).

Таблица 7 – Анкета

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, A	Коэффициент A	Тяжесть последствий, U	Коэффициент U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Машинист установок	8	8.1	Возможно	3	Крупная	4	12	Средний
	27	27.1	Маловероятно	2	Крупная	4	8	Низкий
Газоспасатель АСФ	7	7.2	Вероятно	4	Значительная	3	16	Средний
	27	27.6	Вероятно	4	Катастрофическая	5	20	Высокий
Оператор установок	3	3.1	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий

Оценка риска, R:

- 1-8 (низкий);
- 9-17 (средний);
- 18-25 (высокий).

«Информирование работников о профессиональных рисках, а также о

фактических и возможных последствиях их для здоровья и безопасности выполняемой ими работы осуществляется:

- при обучении работников по охране труда различных уровней путем рассмотрения соответствующих карт идентификации опасностей;
- при проведении всех видов инструктажей по охране труда;
- при информировании о произошедших несчастных случаях» [6].

Меры управления рисками представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Меры управления рисками

Должность/ профессия	Идентификация опасности	Принимаемые меры	Необходимые дополнительные меры по воздействию на риск
Газоспасатель АСФ	Ожог, пожар или взрыв при искровом зажигании взрывопожароопасной среды	Контроль взрывопожароопа сной среды при помощи стационарных газоанализаторов	Использование персональных газоанализаторов. Продувка взрывопожароопасной среды азотом

Вывод по разделу.

В разделе установлено, что при соблюдении норм ведения технологического процесса и выдерживания норм по содержанию вредных химических веществ в воздухе производственных помещений не выше ПДК, правильной эксплуатации оборудования и применение средств индивидуальной защиты в цехе исключаются предпосылки воздействия на организм персонала цеха вредных веществ, способных вызвать отравления и профзаболевания.

## 5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Оценка антропогенной нагрузки [2] ПАО «КуйбышевАзот» на окружающую среду представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Антропогенная нагрузка на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы (перечислить виды отходов)
ПАО «КуйбышевАзот»	Площадка цеха № 35	Газообразные	Ливневые стоки	Производственные
Количество в год		0,705 т	-	1,67 т

Сведения о применяемых на объекте технологиях и соответствие наилучшей доступной технологии представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Сведения о применяемых на объекте технологиях [9]

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Площадка цеха № 35	Очистка газов	Не соответствует

Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень загрязняющих веществ

Номер ЗВ	Наименование загрязняющего вещества
1	Циклогексан

Отчёт по производственному экологическому контролю на предприятии представлен в таблицах 12-13.

Таблица 12 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Номер	Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8/гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
	номер	наименование	номер	наименование							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	11	Цех №35	-	Система охлаждения	Циклогексан	0,7022103	0,1294	-	-	-	-
			-	Наружная установка	Циклогексан	0,0182575	0,003461	-	-	-	-
			-	Местная свеча хранилища	Циклогексан	0,5896772	0,179981	-	-	-	-
			-	Вентиляционное оборудование корпуса	Циклогексан	0,0136840	0,392308	-	-	-	-
Итого	-	-	-	-	-	1,3238	0,705	-	-	0	-

Таблица 13 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления

Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
			хранение	накопление				
«Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства» [7]	4 71 101 01 52 1	1	0	0	0,02	0	0	0,02
«Резиновые изделия незагрязненные, потерявшие потребительские свойства» [7]	4 31 141 01 20 4	4	0	0	0,1	0	0,1	0
«Отходы спецодежды и спецобуви» [7]	4 33 202 03 52 4	5	0	0	0,2	0	0,2	0
«Смет с территории» [7]	7 33 390 01 71 4	4	0	0	0,7	0	0,7	0
«Мусор от офисных бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)» [7]	7 33 100 01 72 4	5	0	0	0,4	0	0,4	0

Продолжение таблицы 13

Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
			хранение	накопление				
«Бытовые отходы (исключая крупногабаритный)» [7]	7 33 100 01 72 4	5	0	0	0,25	0	0,25	0

Продолжение таблицы 13

Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн					
Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения
0,02	-	-	0,02	-	-
0,1	-	0,1	-	-	-
0,2	-	0,2	-	-	-
0,7	-	0,7	-	-	-
0,4	-	0,4	-	-	-
0,25	-	0,25	-	-	-

Продолжение таблицы 13

Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн					Наличие отходов на конец года, тонн	
Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	хранение	накопление
17	18	19	20	21	22	23
-	-	-	-	0,1	-	-
-	-	-	-	0,2	-	-
-	-	-	-	0,7	-	-
-	-	-	-	0,4	-	-
-	-	-	-	0,25	-	-

Вывод по разделу.

В разделе установлено, что основным загрязняющим веществом, выбрасываемым в воздух атмосферы является циклогексан.

Озеленение промышленной площадки – один из эффективных путей снижения загрязнения атмосферного воздуха, это мера биологической защиты от шума и вредного воздействия химических веществ.

Растения «очищают» воздух, выделяя в процессе жизнедеятельности кислород и утилизируя углекислый газ.

Учитывая этот фактор, коллектив цеха № 35 постоянно, из года в год, увеличивает площадь зеленых насаждений.

Работники ОАО «КуйбышевАзот», гости, специалисты сторонних организаций отмечают ухоженность, благоустроенность и чистоту территории.

## 6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В работе установлено, что для «зданий (помещений), сооружений, в которых установлено оборудование, связанное с обращением нефти или нефтепродуктов, как правило, должны применяться установки пожаротушения высокократной пеной» [24]. Принято 3 пеногенератора ДВПЭ для работы с пенообразователем типа AFFF. Для хранения объёма пенообразователя выбран бак-дозатор объёмом 5 м<sup>3</sup>. Имеющийся на объекте пожарный водоем емкостью 400 м<sup>3</sup> достаточен для осуществления тушения пожара на сливноналивной эстакаде пеной высокой кратности.

План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлен в таблице 14.

Таблица 14 – План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Мероприятия	Срок исполнения
Проектирование системы охлаждения и системы пожаротушения высокократной пеной на территории сливноналивной эстакады	2024 год
Проектирование системы обнаружения пожара на территории сливноналивной эстакады	2024 год
Монтаж системы охлаждения и системы пожаротушения высокократной пеной на территории сливноналивной эстакады	2024 год
Монтаж системы обнаружения пожара на территории сливноналивной эстакады	2024 год

«Огнетушащая эффективность пены из пленкообразующих пенообразователей типа AFFF значительно выше, чем пены из синтетических (углеводородных) пенообразователей» [24].

Расчёт ожидаемых потерь ПАО «КуйбышевАзот» от пожаров на территории сливноналивной эстакады:

- 1 вариант – если на территории эстакады эксплуатируется неисправная система пожаротушения;

- 2 вариант – если на территории эстакады произведён монтаж предлагаемых системы охлаждения цистерн в виде лафетного пожарного комплекса, системы пожаротушения высокократной пеной и инфракрасной системы обнаружения пожара.

Рассчитаем площадь пожара на территории цеха №35 ПАО «КуйбышевАзот» по формуле 6:

$$F''_{\text{пож}} = \pi \cdot (v_{\text{л}} \cdot B_{\text{св.г}})^2 \text{ м}^2, \quad (6)$$

где  $v_{\text{л}}$  – «линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{\text{св.г}}$  – время свободного горения, мин.» [20].

$$F''_{\text{пож1}} = 3,14 \cdot (1,5 \cdot 11)^2 = 855 \text{ м}^2,$$

$$F''_{\text{пож2}} = 3,14 \cdot (1,5 \cdot 4)^2 = 113 \text{ м}^2$$

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	1 вариант	2 вариант
Площадь пожара	м <sup>2</sup>	855	113
«Площадь объекта» [20]	м <sup>2</sup>	1260	
«Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов» [5]	руб./м <sup>2</sup>	50000	50000
«Стоимость поврежденных частей здания» [20]	руб./м <sup>2</sup>	10000	10000
«Вероятность возникновения пожара» [20]	1/м <sup>2</sup> в год	5·10 <sup>-5</sup>	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами пожаротушения» [20]	P <sub>2</sub>	0,86	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [20]	P <sub>1</sub>	0,79	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [20]	P <sub>3</sub>	0,95	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [20]	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [20]	к	1,63	

Расчёт ожидаемых потерь ПАО «КуйбышевАзот» от пожаров на территории цеха №35 производится по формуле 7.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3), \quad (7)$$

«где  $M(\Pi_1)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;  
 $M(\Pi_2)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, ликвидированных подразделениями пожарной охраны;  
 $M(\Pi_3)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [20]:

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_m \cdot F_{\text{пож}} \cdot (1+k) \cdot p_1; \quad (8)$$

где  $J$  – «вероятность возникновения пожара,  $1/\text{м}^2$  в год;

$F$  – площадь объекта,  $\text{м}^2$ ;

$C_T$  – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{пож}}$  – площадь пожара на время тушения первичными средствами;

$p_1$  – вероятность тушения пожара первичными средствами;

$k$  – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [20].

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_m \cdot F'_{\text{пож}} + C_k) \cdot 0,52 \cdot (1+k) \cdot (1-p_1) \cdot p_2; \quad (9)$$

где  $p_2$  – «вероятность тушения пожара привозными средствами;

$C_k$  – стоимость поврежденных частей здания, руб./ $\text{м}^2$ ;

$F'_{\text{пож}}$  – площадь пожара за время тушения привозными средствами» [20].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2] \quad (10)$$

где  $F''_{\text{пож}}$  – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения,

$\text{м}^2$ .

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F_{\text{пож}}'' + C_k) \cdot (1 + k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (11)$$

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1260 \cdot 50000 \cdot 855 \cdot (1 + 1,63) \cdot 0,79 = 5595765,52 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1260 \cdot (50000 \cdot 855 + 10000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 1,63) \cdot (1 - 0,79) \cdot 0,86 = 665357,54 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1260 \cdot (50000 \cdot 1260 + 10000) \cdot (1 + 1,63) \cdot [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,86] = 306939,73 \text{ руб./год}.$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1260 \cdot 50000 \cdot 113 \cdot (1 + 1,63) \cdot 0,79 = 739557,31 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1260 \cdot (50000 \cdot 113 + 10000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 1,63) \cdot (1 - 0,79) \cdot 0,86 = 88071,18 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1260 \cdot (50000 \cdot 1260 + 10000) \cdot (1 + 1,63) \cdot [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,86] = 306939,73 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_4) = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1260 \cdot (50000 \cdot 1260 + 10000) \cdot (1 + 1,63) \cdot \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,95 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,95] \cdot 0,86\} = 15346,99 \text{ руб./год}.$$

Общие ожидаемые потери ПАО «КуйбышевАзот» от пожаров составят:

- если на территории эстакады эксплуатируется неисправная система пожаротушения:

$$M(\Pi)_1 = 5595765,52 + 665357,54 + 306939,73 = 6568062,79 \text{ руб./год};$$

- если на территории эстакады произведён монтаж предлагаемых систем охлаждения цистерн в виде лафетного пожарного комплекса, систем пожаротушения высокократной пеной и инфракрасной системы обнаружения пожара:

$$M(\Pi)_2 = 739557,31 + 88071,18 + 306939,73 + 15346,99 = 1149915,21 \text{ руб./год}.$$

Стоимость выполнения предлагаемого плана мероприятий представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Стоимость выполнения предложенного плана мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование системы охлаждения и системы пожаротушения высокократной пеной на территории сливноналивной эстакады	100000
Проектирование системы обнаружения пожара на территории сливноналивной эстакады	100000
Монтаж системы охлаждения и системы пожаротушения высокократной пеной на территории сливноналивной эстакады	7000000
Монтаж системы обнаружения пожара на территории сливноналивной эстакады	2000000
Стоимость оборудования	5000000
Пуско-наладочные работы	500000
Итого:	14250000

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем пожаротушения по формуле 12:

$$P = A + C \quad (12)$$

где  $A$  – «затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения, руб./год;

$C$  – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб./год» [20].

$$P=500000+682000=1182000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 13:

$$C_2 = C_{m.p.} + C_{c.o.n.} \quad (13)$$

где « $C_{т.р.}$  – затраты на текущий ремонт;

$C_{с.о.п.}$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [20].

$$C_2 = 250000 + 432000 = 682000 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 14:

$$C_{т.р.} = \frac{K_2 \cdot H_{т.р.}}{100\%} \quad (14)$$

где  $K_2$  – «капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_{т.р.}$  – норма текущего ремонта, %» [20].

$$C_{m.p.} = \frac{5000000 \cdot 5}{100} = 250000 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала рассчитывается по формуле 15:

$$C_{с.о.п.} = 12 \cdot Ч \cdot ЗПЛ \quad (15)$$

где Ч – «численность работников обслуживающего персонала, чел.;

ЗПЛ – заработная плата 1 работника, руб./мес» [20].

$$C_{с.о.п.} = 12 \cdot 1 \cdot 36000 = 432000 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения рассчитываются по формуле 16:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (16)$$

«где  $K_2$  – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_a$  – норма амортизации, %» [20].

$$A = \frac{5000000 \cdot 10}{100} = 500000 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от монтажа предлагаемых систем охлаждения цистерн в виде лафетного пожарного комплекса, систем пожаротушения высокократной пеной и инфракрасной системы обнаружения пожара на территории сливноналивной эстакады ПАО «КуйбышевАзот» составит:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2) - [P_2 - P_1]]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (17)$$

«где  $T$  – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

$t$  – год осуществления затрат;

$НД$  – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

$M(\Pi_1)$ ,  $M(\Pi_2)$  – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

$K_1$ ,  $K_2$  – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

$P_1$ ,  $P_2$  – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в  $t$ -м году, руб./год» [20].

Расчёт денежных потоков представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчёт денежных потоков

Год существования проекта	М(П)1-М(П)2	Д	[М(П1)-М(П2)]Д	К <sub>2</sub> -К <sub>1</sub>	Денежные потоки
1	5418147,58	0,91	4930514,30	14250000	-9319485,7
2	5418147,58	0,83	4497062,49	-	4497062,49
3	5418147,58	0,75	4063610,69	-	4063610,69
4	5418147,58	0,68	3684340,35	-	3684340,35
5	5418147,58	0,62	3359251,50	-	3359251,50
6	5418147,58	0,56	3034162,64	-	3034162,64
7	5418147,58	0,51	2763255,27	-	2763255,27
8	5418147,58	0,47	2546529,36	-	2546529,36
9	5418147,58	0,42	2275621,98	-	2275621,98
10	5418147,58	0,39	2113077,56	-	2113077,56
Интегральный экономический эффект					19017426,14

Вывод по разделу.

В разделе разработан план монтажа предлагаемых систем охлаждения цистерн в виде лафетного пожарного комплекса, систем пожаротушения высокократной пеной и инфракрасной системы обнаружения пожара на территории сливноналивной эстакады ПАО «КуйбышевАзот» и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа предлагаемых систем охлаждения цистерн в виде лафетного пожарного комплекса, систем пожаротушения высокократной пеной и инфракрасной системы обнаружения пожара за десять лет составит 19017426,14 рублей.

## Заключение

В первом разделе определено, что система противопожарной защиты включает в себя:

- автоматический перевод технологического процесса в безопасное состояние при возникновении предаварийных и аварийных ситуаций;
- предотвращение аварий и их распространения в случае их возникновения;
- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;
- разработку путей эвакуации людей при пожаре;
- систему пожарной сигнализации для объектов;
- систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на сборном пункте;
- наличие систем коллективной защиты и средств индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;
- применение строительных конструкций с требуемой степенью огнестойкости;
- наличие первичных средств пожаротушения (оборудование проектируемых объектов пожарными щитами в соответствии с классом пожара и размером защищаемой площади).

Во втором разделе установлены возможные сценарии АС при хранении сырья на складе корпуса 926:

- разрушение хранилища или цистерны с проливом в поддон и на территорию;
- образование токсичного облака, его распространение;
- интоксикация людей на промплощадке.

В этих случаях максимальное количество людей в зоне поражения – до

20 человек.

Частота аварии по этому сценарию оценивается равной  $2 \times 10^{-8}$  раз в год.

Индивидуальный риск гибели на территории склада оценивается равным  $2 \times 10^{-4}$  раз в год, коллективный –  $2,8 \times 10^{-4}$  раз в год.

Наилучшей защитой сливноналивной эстакады перекачки сырья производства капролактама, содержащих легковоспламеняющуюся жидкость, является наличие стационарного противопожарного оборудования. Использование переносного оборудования для тушения пожара при помощи пенотушения на всей поверхности эстакады затруднительно и сопряжено с опасностью.

Существует множество задокументированных случаев, когда неспособность потушить пожар может быть напрямую связана с отсутствием стационарной системы пожаротушения.

В третьем разделе установлено, что для зданий (помещений), сооружений, в которых установлено оборудование, связанное с обращением нефти или нефтепродуктов, как правило, должны применяться установки пожаротушения высокократной пеной.

Подобраны:

- пеногенераторы;
- пенообразователь типа AFFF;
- извещатель пожарный пламени;
- насосы пожаротушения;
- системы обеспечения охлаждения и защиты цистерн на эстакаде.

Принято 3 пеногенератора ДВПЭ для работы с пенообразователем типа AFFF.

Для хранения объёма пенообразователя выбран бак-дозатор объёмом 5 м<sup>3</sup>. Имеющийся на объекте пожарный водоем емкостью 400 м<sup>3</sup> достаточен для осуществления тушения пожара на сливноналивной эстакаде пеной высокой кратности.

В четвёртом разделе установлено, что при соблюдении норм ведения

технологического процесса и выдерживания норм по содержанию вредных химических веществ в воздухе производственных помещений не выше ПДК, правильной эксплуатации оборудования и применение средств индивидуальной защиты в цехе исключаются предпосылки воздействия на организм персонала цеха вредных веществ, способных вызвать отравления и профзаболевания.

В пятом разделе установлено, что основным загрязняющим веществом, выбрасываемым в воздух атмосферы является циклогексан.

Озеленение промышленной площадки – один из эффективных путей снижения загрязнения атмосферного воздуха, это мера биологической защиты от шума и вредного воздействия химических веществ. Растения «очищают» воздух, выделяя в процессе жизнедеятельности кислород и утилизируя углекислый газ. Учитывая этот фактор, коллектив цеха № 35 постоянно, из года в год, увеличивает площадь зеленых насаждений.

Работники ОАО «КуйбышевАзот», гости, специалисты сторонних организаций отмечают ухоженность, благоустроенность и чистоту территории.

В шестом разделе интегральный экономический эффект от монтажа предлагаемых систем охлаждения цистерн в виде лафетного пожарного комплекса, систем пожаротушения высокократной пеной и инфракрасной системы обнаружения пожара за десять лет составит 19017426,14 рублей.

## Список используемых источников

1. Новостной канал Маркет. КуйбышевАзот запустил производство циклогексанона [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mrcplast.ru/news-news\\_open-320816.html](http://www.mrcplast.ru/news-news_open-320816.html) (дата обращения: 08.02.2024).

2. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023). URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 12.02.2024).

3. Об установлении правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 (ред. от 16.09.2020). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=443384> (дата обращения: 12.02.2024).

4. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [Электронный ресурс] : Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=141404&ysclid=1ewcrd7gqf130327182> (дата обращения: 17.02.2024).

5. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409457&ysclid=1d8jr94kat939272210> (дата обращения: 12.02.2024).

6. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1d8jqdwcm8100411018> (дата обращения: 12.02.2024).

7. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по надзору в

сфере природопользования от 22.05.2017 № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 12.02.2024).

8. Об утверждении форм проверочных листов (списков контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований), применяемых должностными лицами органов государственного пожарного надзора МЧС России при осуществлении федерального государственного пожарного надзора [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 09.02.2022 № 78. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728305630?marker=7DK0K9> (дата обращения: 22.02.2024).

9. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 14.06.2018 № 261 (ред. от 23.06.2020). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=377676&ysclid=1dsbgkkxui183890770> (дата обращения: 12.02.2024).

10. Обустройство нефтяных и газовых месторождений. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 231.1311500.2015. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200122146?ysclid=lst4nbj13e325429556> (дата обращения: 04.03.2024).

11. Пожарная техника. Термины и определения [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.2.047-86. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007105#7D20K3> (дата обращения: 21.02.2024).

12. Свиридок Е. В. Процесс развития чрезвычайных ситуаций, вызванных образованием взрывоопасных концентраций горючих смесей на химически опасных объектах // Технологии гражданской безопасности. 2017. №4 (54) С. 40-44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsess-razvitiya-chrezvychaynyh-situatsiy-vyzvannyh-obrazovaniem-vzryvoopasnyh-kontsentratsiy-goryuchih-smesey-na-himicheskii> (дата обращения: 12.02.2024)

13. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность.

Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/?ysclid=lga9r9fn5z366382597> (дата обращения: 12.02.2024).

14. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс] : СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 10.02.2024).

15. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 02.02.2024).

16. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 486.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566348486> (дата обращения: 10.02.2024).

17. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 155.13130.2014. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108948?ysclid=lst4ohx9qt770304239> (дата обращения: 17.02.2024).

18. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444219> (дата обращения: 12.02.2024).

19. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 06.04.2024). URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 19.04.2024).

20. Фрезе Т. Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01

«Техносферная безопасность»: электронное учебно-методическое пособие / Т.Ю. Фрезе. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2022. 1 оптический диск. ISBN 978-5-8259-1456-5.

21. Хасанов И. Ю., Шефер А. Г., Ильясов У. Р., Мугафаров М. Ф., Мухаметшин С. М. К вопросу смешения углеводородного конденсата с товарной нефтью (постановка задачи) // Экспозиция Нефть Газ. 2012. №3 (21) С. 35-37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-smesheniya-uglevodorodnogo-kondensata-s-tovarnoy-neftyu-postanovka-zadachi> (дата обращения: 14.02.2024).

22. Aydin B, Selvi E, Tao J, Starek M. J. Use of Fire-Extinguishing Balls for a Conceptual System of Drone-Assisted Wildfire Fighting // Drones. 2019 Mar. №3(1). P. 17–21.

23. Chen X. J., Dong F, A fire detecting method for video-based fire detector // Advanced Materials Research. 2014. №5. P. 537–540.

24. Guo T. N., Fu Z. M., The fire situation and progress in fire safety science and technology in China // Fire Safety Journal. 2021. №42(3). P. 171–182.

25. Yu C.Y., Fang J., Wang J. J.,Zhang Y. M. Video fire smoke detection using motion and color features // Fire Technology Journal. 2020. №46. P. 651–663.

26. Zhong M. H., Fan W. C., Liu T. M., Zhang P. H., Wei X, Liao G. X. China: some key technologies and the future developments of fire safety science // Safety Science Journal. 2021. №42(7). P. 627–637.