

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

Институт Машиностроения
(институт)
«Управление промышленной и экологической безопасностью»
(кафедра)
20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки, специальности)
Управление пожарной безопасностью
(наименование профиля, специализации)

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Анализ и исследование пожарной безопасности склада нефтепродуктов ООО «Форус». Разработка мероприятий по улучшению системы пожаротушения резервуарного парка

Студент(ка)	Д.А. Давыдов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Научный руководитель	Б.С. Заяц	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	В.Г. Виткалов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Руководитель программы <u>к.т.н., доцент И.И. Рашоян</u>	
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	(личная подпись)
« _____ » _____ 2018 г.	

Допустить к защите Заведующий кафедрой <u>д.п.н., профессор Л.Н.Горина</u>	
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	(личная подпись)
« _____ » 20____ г.	

Тольятти 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЗОР ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕХИМИИ И СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	10
1.1 Особенности норм эксплуатации объектов нефтехимии в городах РФ.....	10
1.2 Статистические данные пожаров с участием объектов нефтехимии и выявление причин возникновения.....	18
1.3 Методы локализации и прекращения горения нефтепродуктов в резервуарах.....	29
2 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ООО «ФОРУС».....	41
2.1 Характеристика объекта ООО «Форус» и специфические особенности..	41
2.2 Определение показателей степени и анализа риска на объекте ООО «Форус».....	51
2.3 Методы обеспечения пожарной безопасности технологического процесса на резервуарном парке нефтепродуктов ООО «Форус».....	61
3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	65
3.1 Способы и предложения технических устройств по сокращению горючей среды.....	65
3.2 Мероприятия по устранению причин инициирования горения резервуарного парка нефтепродуктов.....	69
3.3 Предотвращение и ограничение распространения пожара.....	71

3.4 Технические средства для обеспечения пожарной безопасности резервуарного парка.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	88
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	92

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день пожарная безопасность занимает одну из основных проблем в понятии безопасности на производстве. Производственная сфера достаточно многогранна, а также набирает обороты в своих масштабах и объемах. С развитием науки и техники, появляется термин техносферной безопасности. Для любого производственного здания обязательным элементом являются административные корпуса, где наблюдается сосредоточение компьютерной техники и других энергоемких приспособлений.

С постепенным развитием современного общества человечество столкнулось с проблемой обеспечения безопасности. Успехи в сфере ядерной физики породили проблему безопасности. Развитие химической промышленности связано с негативным воздействием синтетических опасных веществ на здоровье человека и окружающую среду. Совокупность технических систем, созданных на Земле, приводят к росту потенциальной опасности для нормальной жизнедеятельности.

Сегодня человеческая деятельность всецело направлена на выработку энергии, накопление и дальнейшее ее распределение. Но в конкретных случаях существует вероятность выхода этой самой энергии, которая способствует возникновению взрывов, пожаров или других чрезвычайных ситуаций. Подобного вида ЧС, как правило, возникают на потенциально опасных объектах. Например, объекты с наличием легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, склады с аварийно-опасными веществами или предприятия нефтехимии. Самыми разрушительными считают пожары, связанные с добычей, транспортировкой или хранением углеводородных соединений. По статистике на наземных резервуарах в РФ произошло 93% пожаров и ЧС за 2007-2017 годы. Резервуары с нефтью входят в список частых пожаров современности.

На территории нашей страны частота пожаров, связанных с хранением или транспортировкой нефти, составляет 12 пожаров в год. Самый опасный период март-июль. В зимнее время на ликвидацию пожара расходуется около 9 часов, в летнее время – 6 часов. Пожар складов нефтепродуктов характеризуется особым сосредоточением сил и средств, а также длительным временем ликвидации последствий. Пожар на объектах рассматриваемой категории оказывает негативное воздействие не только на здоровье людей, но и на элементы окружающей среды. При горении нефтепродуктов выделяется много токсичных веществ, образуется мощное тепловое излучение. Токсичными веществами, образуемыми горением нефтепродуктов, являются сернистая кислота, углекислый и угарный газы, азотные соединения, альдегиды, углеводороды, сажу и другие соединения в меньших долях. Концентрация выделяющихся веществ характеризуется плотностью того или иного горящего нефтепродукта.

За последние пять лет количество пожаров с участием объектов нефтехимии, данный вид ЧС опасен своими последствиями (невосполнимый урон экологии, финансовые затраты, ущерб жизни и здоровью людей). Поэтому обеспечение пожарной безопасности потенциально-опасных объектов – одна из важнейших задач пожарной охраны и органов власти.

Также обеспечение безопасности – производственная задача, выполнение которой требует информационного анализа и практической отдачи. Нормальное функционирование объектов нефтехимии зачастую связано с национальной безопасностью страны, поскольку ЧС локального характера может перерасти в другой вид, охватывая большие масштабы.

Реальная картина состояния пожарной безопасности на складе нефтепродуктов – совокупность методов, основанных на анализе риска.

Развитие химической промышленности связано с негативным воздействием синтетических опасных веществ на здоровье человека и окружающую среду.

### **Актуальность темы исследования.**

Поскольку в современном мире наблюдается рост рыночной экономики, все сферы человеческой деятельности претерпевают значительные изменения. Человек, организуя свое пространство, стремится улучшить условия труда и быта. Вместе с этим развиваются отрасли тяжелой промышленности, химической и нефтеперерабатывающей и другие. В данном случае наблюдается не только положительный аспект, но и сложность поддержания нормального функционирования технической инфраструктуры.

Любая производственная деятельность или технологический процесс таит в своем функционировании опасность возникновения аварий и их последствий. Поэтому появляется новое направление деятельности обеспечения техносферной безопасности, охватывая комплекс обеспечения всех опасностей, возникающих в процессе производства.

В городах РФ активно развивается нефтехимическая промышленность, поскольку большая часть предприятий использует в качестве сырья для выработки энергии. Добыча нефти, переработка, транспортировка, хранение – важные опасные производственные моменты в области обеспечения безопасности. При возникновении загорания нефтепродуктов требуется особый подход к тушению и ликвидации очага, поскольку горящая нефть – большая угроза для населения и автоматически для окружающей среды. Горение нефти и нефтепродуктов может сопровождать взрывом, горящими фонтанами, высокой температурой кипения и огромным тепловым излучением.

Поэтому целесообразно рассмотреть и сформировать комплекс аспектов и технических решений, обеспечивающих пожарную безопасность объекта нефтехимии.

Горение нефтепродуктов химический процесс, где проявляются пожароопасные свойства и характерно сложное и длительное тушение.

Зачастую вследствие пожаров возникают аварии, которые приводят к

нарушению технологического процесса, приостанавливается часть или группа предприятий.

Срабатывает принцип «домино». Прямые убытки от остановки процесса нефтяного производства наносят ущерб государству.

Актуальность темы обосновывается рядом факторов:

1. Важность обеспечения безопасности на потенциально-опасных объектах для обеспечения национальной безопасности страны.
2. Объекты нефтехимии – одна из основных сырьевых баз для большинства отраслей промышленности и стран-импортеров.
3. Минимизация пожаров на объектах нефтехимии для сохранения экологии, как одного из основных направлений политической деятельности органов власти РФ.
4. Объекты нефтехимии – часть зданий, образующих городскую застройку. Поэтому недопустимо горение склада нефтепродуктов из-за непосредственной угрозы близлежащим строениям, зданиям и объектам.

#### **Цель и задачи:**

Целью исследования разработка мероприятий по улучшению системы пожаротушения резервуарного парка.

Задачи исследования:

информационный обзор литературных источников и нормативно-технической документации относительно пожарной безопасности объектов нефтехимии;

обзор статистических данных о пожарах на объектах складирования, транспортировки и переработки нефтепродуктов;

выявление особенностей функционирования потенциально опасных объектов;

анализ и выбор пути направления, в обеспечении пожарной безопасности выбранного объекта;

предложения по разработке современных устройств противопожарной защиты.

**Объект исследования** склад нефтепродуктов ООО «Форус» г. о. Сызрань.

### **Теоретическая и методологическая база исследования**

Конституция РФ; санитарные нормы и правила РФ об обеспечении правильной эксплуатации складов нефтепродуктов, федеральные законы о пожарной безопасности; приказы МЧС РФ, касающиеся тушения пожаров и надзора пожарной безопасности потенциально-опасных объектов. Кроме того, нормативно-правовые акты, регламентирующие действия пожарно-спасательных подразделений и руководителей объектов опасных производств; постановления правительства РФ о функционировании городской системы взаимодействия отдельных служб. Также должностные инструкции и иная техническая документация объекта, касающаяся оперативно-тактических особенностей склада ООО «Форус»; накопленный мировой опыт практики тушения пожаров на объектах нефтехимии; информативные данные официального источника массовой информации МЧС РФ.

### **Научная новизна исследования**

В исследовании были получены обобщенные статистических данных о пожарах на объектах нефтехимии;

Рассмотрены данные литературных источников и нормативно-технической документации относительно пожарной безопасности объектов нефтехимии;

Описаны статистические данные о пожарах на объектах складирования, транспортировки и переработки нефтепродуктов;

Выявлены особенности функционирования потенциально опасных объектов;

Определены основные пути направления обеспечения пожарной безопасности выбранного объекта;

Предложены к применению на объектах данной категории технических средств и методов тушения возможного загорания.



**Теоретическая и практическая значимость** диссертации заключается в том, что на основе конституции РФ; санитарных норм и правил РФ об обеспечении правильной эксплуатации складов нефтепродуктов, федеральных законов о пожарной безопасности; приказов МЧС РФ, касающихся тушения пожаров, разработан комплекс мероприятий и методов обеспечения пожарной безопасности нефтехимических объектов. Также определены основные пути направления и решения проблемы техническим путем.

**Положения, выносимые на защиту**

информационный обзор литературных источников и нормативно-технической документации относительно пожарной безопасности объектов нефтехимии;

обзор статистических данных о пожарах на объектах складирования, транспортировки и переработки нефтепродуктов;

выявление особенностей функционирования потенциально опасных объектов;

анализ и выбор пути направления, в обеспечении пожарной безопасности выбранного объекта;

предложения по разработке современных устройств по обеспечению противопожарной защиты.

**Степень достоверности и апробация результатов** результаты статистических данных в виде графиков, таблиц; данные таблиц по основным аспектам в нарушении технологического процесса пожаров на объектах нефтехимии.

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка используемых источников. Основная часть исследования изложена на 90 страницах, текст иллюстрирован 2 таблицами, 15 рисунками, 44 используемых источника.

# 1 ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЗОР ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕХИМИИ И СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

## 1.1 Особенности норм эксплуатации объектов нефтехимии в городах РФ

Нефть – это смесь углеводородной жидкости с азотистыми или кислородными соединениями. В сфере пожаротушения нефть принято считать легковоспламеняющейся жидкостью с плотностью до  $1400 \text{ кг/м}^3$ . Нефть способна кипеть уже при температуре  $20^\circ\text{C}$ , мало растворима в воде. Сырая нефть образует при горении сильный нагрев, возрастает так называемый гомотермический слой. Температура пламени нефтепродукта около  $1100^\circ\text{C}$ . Составными элементами, которые входят в состав нефти считаются – углерод, сера, водород и азот. Также нефть содержит металлы и молекулы кислорода.

Обращаясь к данным мировой экономики, необходимо отметить, что в последние годы (2012-2017) развитие нефтяной промышленности терпит кризис, наблюдается небывалый спад. Обороты добычи нефтепродуктов сокращаются, но обеспечение сырьем российских производителей также продолжает осуществляться. Вместе с тем, Россия продолжает являться экспортом нефти, Россия является крупным производителем нефтяного сырья, оставаясь на третьем месте по добыче нефтепродуктов.

Топливный ресурс нефтепродуктов носит характер эксклюзивности, определяя огромное значение в современной жизни. Развитие нефтяной промышленности как комплекса народного хозяйства неотъемлемо от развития российского общества и уровня жизни. Из теоретических основ известно экономической географии, что нефть – национальное богатство страны, фундаментальное сырье в экономике.

В политическом смысле регулирование поставок нефти – важный аспект нормального функционирования Российской державы и качественного взаимодействия со странами-экспортерами.

В народном хозяйстве нефть – сырье для нефтехимической отрасли, широкий спектр производственных возможностей. Нефть является сырьем для производства спиртов, каучуковых и полиэтиленовых веществ, горюче-смазочных и строительных материалов. Огромное количество белковых препаратов в сельском хозяйстве содержит в своем составе сырье нефтепродуктов.

«РФ одна из немногих стран, обеспеченная нефтью, одновременно являющаяся страной-экспортером. Также очень значим ее «вес» в валютной выручке страны, обеспечивая удельный вес около 25%» [1].

Склады хранения нефтепродуктов специфический объект потенциально-опасного значения, который встречается в каждом городе Российской Федерации. Склады нефтепродуктов являются отдельным элементом общей цепочки энергетического комплекса и сырьевой базы. Ранее ситуация облегчена была тем, что все резервуарные парки проектировали и строили за пределами муниципальных образований. На сегодняшний день, в основном, существует необходимость создания склада нефтепродукта в пределах городской застройки. Пожарная опасность резервуарных парко выше, чем десять лет назад из-за роста экономики и необходимости обеспечения сырьевой базы России. Авария или пожар на объектах рассматриваемой категории – неконтролируемое горение, характеризующееся затяжным характером, обширной площадью и большим расходом сил и средств. «Время полного тушения имеющегося загорания варьируется в пределах от одного часа до 4-6 суток» [2]. От конкретных ситуационных характеристик в том или ином пожаре на объекте нефтехимии наблюдаются финансовые затраты, вред окружающей среде и нередко человеческие жертвы. Горение нефтепродуктов способствует сильному тепловому излучению, которое негативно сказывается на элементах

биосферы. В конкретных случаях ЧС могут привести к невосполнимому ущербу природе.

Горение на объектах нефтехимии также характеризуется большой скоростью пламени, взрывом и выбросом горячей жидкости. Все эти факторы являются особыми условиями труда для работы личного состава подразделений пожарной охраны.

На территории России основное количество добываемой сырой нефти поступает в нефтеперерабатывающие предприятия посредством магистральных нефтепроводов. Также поставка меньшего количества сырья происходит по железной дороге, а для стран-импортеров нефть поставляется водным транспортом, если есть выход к морю.

При поставке нефтяного сырья на завод осуществляют прием в емкости и резервуары с сетью технологических трубопроводов. Контрольно-измерительные приборы учета определяют и контролируют количество поставленного сырья для дальнейшей работы по переработке.

Переработку нефтепродуктов характеризуют тремя стадийными операциями:

- 1.Отделение сырья на фракции, по интервалу кипения – первичный тип обработки;
- 2.Переработка получаемых фракций с помощью химических реакций углеводородных соединений, происходит создание товарного нефтепродукта – вторичный тип обработки;
- 3.Смешивание товарного нефтепродукта с необходимыми компонентами и присадками для повышения качества и характеристик, необходимых для дальнейшей производственной задачи – третья стадия (товарное производство)

Нефтеперерабатывающие заводы изготавливают моторное топливо, масла, парафин и химические составы. Ввиду различных объемов производства заводы поставляют от 5 до 40 видов нефтепродуктов.

Роль нефтеперерабатывающих предприятий велика и значима в современной экономике, поэтому для непрерывного производственного процесса нужна защита и обеспечение безопасности.

Обеспечивая безопасность, важно не забывать про реконструкцию и капитальные ремонты, которые проводятся независимо от состояния оборудования, срок ремонта определен техническими требованиями каждые три года. Важной функциональной единицей в комплексе нефтепереработки является технологическое оборудование, осуществляющее цикл рабочего процесса.

Поэтому важный аспект – правильный выбор решающего направления для оперативного выполнения основной боевой задачи в кратчайшие сроки с учетом требований техники безопасности.

На стадии профилактики важно изучение норм и правил эксплуатации важных пожароопасных объектов, отработка практических тренировок на данных объектах. Но в случае реального загорания требуется тщательное изучение оперативно-тактической характеристики объекта для выбора огнетушащего вещества и способа его подачи. Последствия пожара изучаются испытательной лабораторией, в рамках подобных исследований и выясняются причины и конкретные особенности возникновения загорания. Поскольку объекты нефтехранилища имеют потенциальную угрозу для населения необходимо научное обоснование с методическими указаниями (описание инструментальных и расчетных способов). Кроме того, важно выявление причинно-следственной связи нарушения требований ПБ с последствиями пожара.

Начальная стадия экспертной разработки проводится с анализом пожаров, произошедших в течение предыдущих лет.

В основном, для хранения нефтепродуктов используются металлические, железобетонные или синтетические резервуары. Широко применяются в практике стальные цилиндрические резервуары.

Основные объекты нефтеперерабатывающей промышленности, требующие повышенной защиты:

1. Склады, резервуарные парки, объект защиты – шаровые и цилиндрические резервуары хранения ЛВЖ, ГЖ под давлением.
2. Промежуточные парки, товарно-сырьевая база, объект защиты - шаровые и цилиндрические резервуары хранения ЛВЖ, ГЖ но без давления.
3. Открытые железнодорожные эстакады с ЛВЖ, ГЖ.
4. Наружные технологические установки
5. Наружные технологические установки

Если резервуарный парк находится на отметке выше, чем отметка основных построек близлежащей территории, то необходимо проведение мероприятий, направленных на предотвращение разлива в сторону уклонов.

При размещении складов с нефтепродуктами необходимо проектирование двух-трех выездов на автодороги или подъездные пути. Проездная часть у границ резервуарного парка должна иметь ширину не менее 3-4 метра, с определенным покрытием. Сливоналивные эстакады оборудуются дополнительно кольцевым проездом для пожарных автомашин. Планировочные отметки проезжей части резервуарного парка допускается проектировать более 0,3 м планировочных отметок прилегающей территории. Рекомендуется на территории складов нефтепродуктов благоустраивать и озеленять участки деревьями и кустарниковыми растениями, но без волокнистых и цветущих стеблей. В производственных частях данных объектов территорию озеленяют лишь газонами. Внутри территории обвалования нельзя озеленять участки. Если хранение мазута производится в подземных резервуарах, то в конкретном случае с мазутом, лишь допускается обвалование. Кроме того, всегда требуется наличие запасного аварийного резервуара. Расчет его объема производится путем несложных расчетов - 30% от суммарного объема всех резервуаров.

При загорании на объекте нефтехимии организуют тушение при помощи технических устройств наружного противопожарного водоснабжения предприятия. При этом должен обеспечиваться требуемый расход и напор воды для противопожарных нужд.

Хранение нефтепродуктов в таре допускают в специальных зданиях и под навесом. Склады с ЛВЖ проектируют как одноэтажные здания, горючие нефтепродукты положено складировать в зданиях не более трех этажей. Допустимо проектирование складов с ЛВЖ в таре в подземных сооружениях. В таре нефтепродукты могут храниться только с температурой вспышки ниже 45 °. Одновременное хранение ЛВЖ и горючих нефтепродуктов допустимо, но должна соблюдаться вместимость по расчету  $1\text{ м}^3 \text{ ЛВЖ} = 1\text{ м}^3 \text{ ГН}$ .

Для устройства дверных проемов внутренних стен устанавливают пандусы до 0,15 м. Отделочные материалы полового покрытия выполняются из негорючих материалов, с уклонами для жидкостей в прямки.

Помещения складов отделяются противопожарными перегородками 1-го типа. Одной из главных причин возникновения пожаров на складах нефтехимии считается воспламенение паров от посторонних источников зажигания. Наряду с этим в зоне теплового излучения происходит разрушение несущих конструкций, происходит разгерметизация трубопроводов и в дальнейшем выход вещества. Далее непосредственно происходит пожар.

Важно обеспечение ПБ при наличии источников зажигания, а именно искр топок или механических ударов, трения разрядов электричества или нарушения регламента при работе с электронагревателями. Пути распространения пожара – поверхность выливающегося нефтяного продукты, сливные коллекторы, смеси паровоздушных соединений.

### Требуемое устройство резервуаров

Резервуары для хранения нефтепродуктов обычно изготавливают из листовой стали 2-3 мм, для корпуса и днища толщина покрытия достигает 4 мм. Расположение листов в устройстве резервуаров производят горизонтально длинной стороной. Поясом считают один ряд свариваемых листов. Пояса в зависимости от принципиальных особенностей производства располагаются ступенчато, встык или телескопически. «Смещение вертикальных швов должно быть свыше 500 мм» [3,4]. Толщина днища варьируется в пределах 4-8 мм, резервуар устанавливается на фундамент. Фундамент обычно состоит из подсыпки грунта и песчаной подушки. Далее выкладывают изолирующий слой смеси песка с мазутом для предотвращения процесса коррозии днища. Объем резервуаров может достигать 300 м<sup>3</sup>. Образование резервуарных парков обусловлено необходимостью сокращения площади. Суммарный объем не должен превышать 300 м<sup>3</sup>.

Перекачивающие станции оборудуются резервуарами из неметаллических материалов, в основном их бетона или железобетона или кирпича. Долговечными считаются железобетонные резервуары, поскольку работа материалов направлена на прочность и сжатие.

Данный материал характеризуется большим сроком службы, относительно экономичным расходом материала и повышенной пожарной безопасностью.

### Оборудование резервуаров

Для нормального функционирования резервуаров обеспечивают устройство гарнитуры и арматуры. При каждом резервуаре есть лестница, которая нужна для осмотра оборудования, отбора проб нефтепродукта. Лестница, как правило, прислоняется к резервуару. Лестница скрепляется с корпусом резервуара специальной площадкой, обнесенной перилами по обе стороны. На площадке располагается замерный люк, приспособления и



арматура.

В нижнем поясе корпусов устанавливаются шарниры подъемной трубы, к ним присоединяются раздаточные трубопроводы при помощи приемораздаточных патрубков.

Замерный люк предназначен для измерения уровня нефтепродуктов и товарной воды, также для отбора проб из резервуара.

Все составные элементы устройства замерного люка всегда должны находиться в исправном состоянии, крышка должна герметично закрываться. Кроме того, должна быть прокладка и нажимной болт для плотности и герметичности соединения. По направляющей колодке спускают замерную ленту, так обозначают постоянный замер. Люк-лаз располагается внизу поясного участка резервуара, предназначен для прохода персонала внутрь для ремонтных работ. В резервуаре могут проходить работы по ремонту, очистке, освещению и проветриванию резервуара. Также устраивают световой люк, в верхней горизонтальной плоскости резервуара над приемораздаточными патрубками. Для предохранения от обрыва приемораздаточного троса, устраивают хлопушки.

Они предохраняют от действия взрывного процесса, если трубопроводы приходят в неисправность. Во время заполнения резервуара, струя продукта приподнимает крышку хлопушки. При остановке процесса перекачки, крышка хлопушки встает на прежнее место, соответственно труба закрывается.

Плотность соединения крышки хлопушки обеспечивается процессом гидростатики при давлении жидкости. При выходе нефтепродукт из резервуара крышка хлопушки открывается, работает вращающийся барабан с тросом. При механизированном процессе в резервуаре производят при помощи дистанционного управления действие перекачки. Если хлопушки изготавливают большого диаметра, открытие проявляется с трудом вследствие преодоления давления на крышку. Для обеспечения противовеса

устанавливают перепускные трубы, следовательно, давление выравнивается – усилие усредняется до оптимального значения.

Дыхательный клапан предназначен для воздухообмена между резервуаром и окружающей средой. Дыхательный клапан – чугунная или алюминиевая литая коробка с двумя клапанами.

Первый клапан предназначен для повышения давления и помогает выходу газов извне, второй клапан открывается при разряженном состоянии газового пространства и помогает обратно поступать газу.

Необходимо обозначить роль аварийного слива ЛВЖ, поскольку имея данный вид технологических установок, есть возможность ограничения объема горючих веществ. В аварийном сливе устанавливают систему стравливания горючих газов. Помимо этого важно обеспечить очистку территории и удаление отходов и отложений.

Для обеспечения пожарной опасности на резервуарном парке нефтепродуктов производят анализ рисков. Анализ риска – основное звено для предотвращения опасности нарушения технологического процесса, основан на анализе сбора информации и мер безопасности по предотвращению нежелательного события.

Для того чтобы обеспечить необходимым уровнем безопасности, определяются показатели уровня риска при помощи оценки реализуемых социально-экономических действий.

## 1.2 Статистические данные пожаров с участием объектов нефтехимии и выявление причин возникновения

На территории РФ общий резервуарный парк нефтепродуктов составляет 100 млн. тонн. Но на сегодняшний день строительство резервуаров прекращается в связи с новыми методами экономической политики страны. Из общего числа резервуаров, 75%-85% от общего числа

считаются уставшими (подходит срок службы, требуется капитальный ремонт, техническое обслуживание).

Через десять лет часть резервуаров будет неремонтопригодная. В таблице 1 соотнесены объекты пожаров в нефтехимической промышленности и % их возникновения.

По сложности пожар в резервуарном парке – один из самых высочайших, приходится задумываться о расположении рядом проходящих коммуникации и располагающихся рядом смежных помещений. Опасность пожаров на объектах рассматриваемой категории в том, что ЛВЖ, ГЖ имеют свойство растекаться, охватывая большие площади и пространство с высокой скоростью распространения. А выделяющиеся при сгорании вещества носят токсичный характер. В таблице 1 приведены основные объекты пожаров на объектах нефтехимии.

Таблица 1 - Основные объекты пожаров на объектах нефтехимии

Объекты пожаров	% от общего числа
резервуарный парк	31,45%
резервуар для хранения нефтепродуктов на предприятии переработки	15%
резервуар для хранения нефтепродуктов на предприятии промышленности	15%
предприятия нефтебаз	3,4 %
железнодорожные цистерны для перевозки продуктов нефти	3,1 %
автомобильные цистерны	5,6%
склад ГСМ	1,3%

На рисунке 1 изображено распределение общего числа пожаров по объектам.



Рисунок 1 – Объекты пожара

На территории нашей страны частота пожаров, связанных с хранением или транспортировкой нефти, составляет 12 пожаров в год. Самый опасный период март-июль. В зимнее время на ликвидацию пожара расходуется около 9 часов, в летнее время – 6 часов. Пожар складов нефтепродуктов характеризуется особым сосредоточением сил и средств, а также длительным временем ликвидации последствий. Пожар на объектах рассматриваемой категории оказывает негативное воздействие не только на здоровье людей, но и на элементы окружающей среды. При горении нефтепродуктов выделяется много токсичных веществ, образуется мощное тепловое излучение. Токсичными веществами, образуемыми горением нефтепродуктов, являются сернистая кислота, углекислый и угарный газы, азотные соединения, альдегиды, углеводороды, сажу и другие соединения в меньших долях. Концентрация выделяющихся веществ характеризуется

плотностью того или иного горящего нефтепродукта. На рисунке 2 предствален анализ причин аварий пожаров в нефтегазовом комплексе

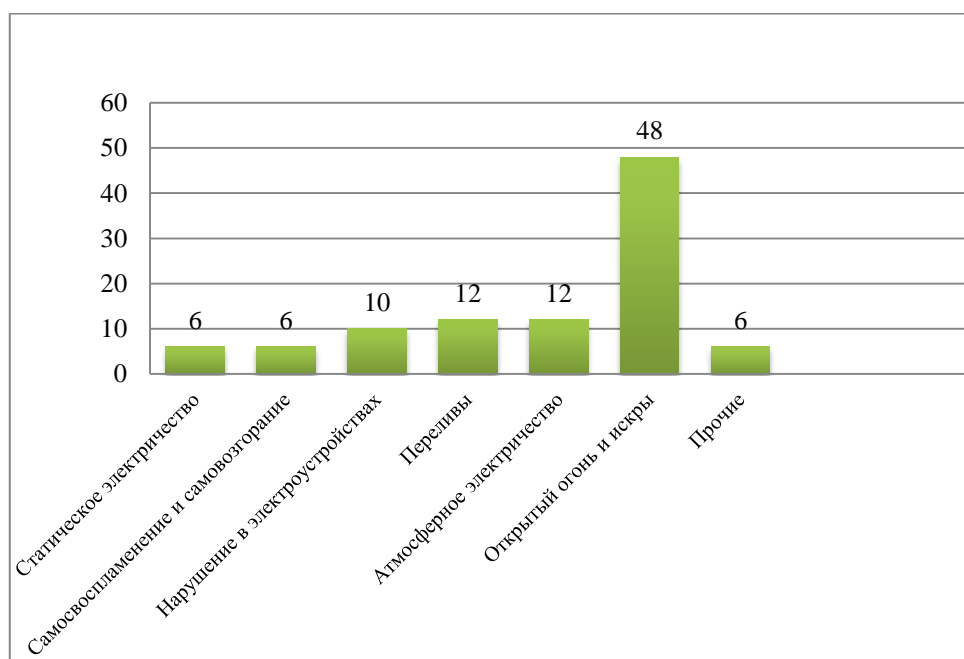


Рисунок 2 – Анализ причин аварий пожаров в нефтегазовом комплексе  
На рисунке 3 представлен ежегодный ущерб от пожаров.

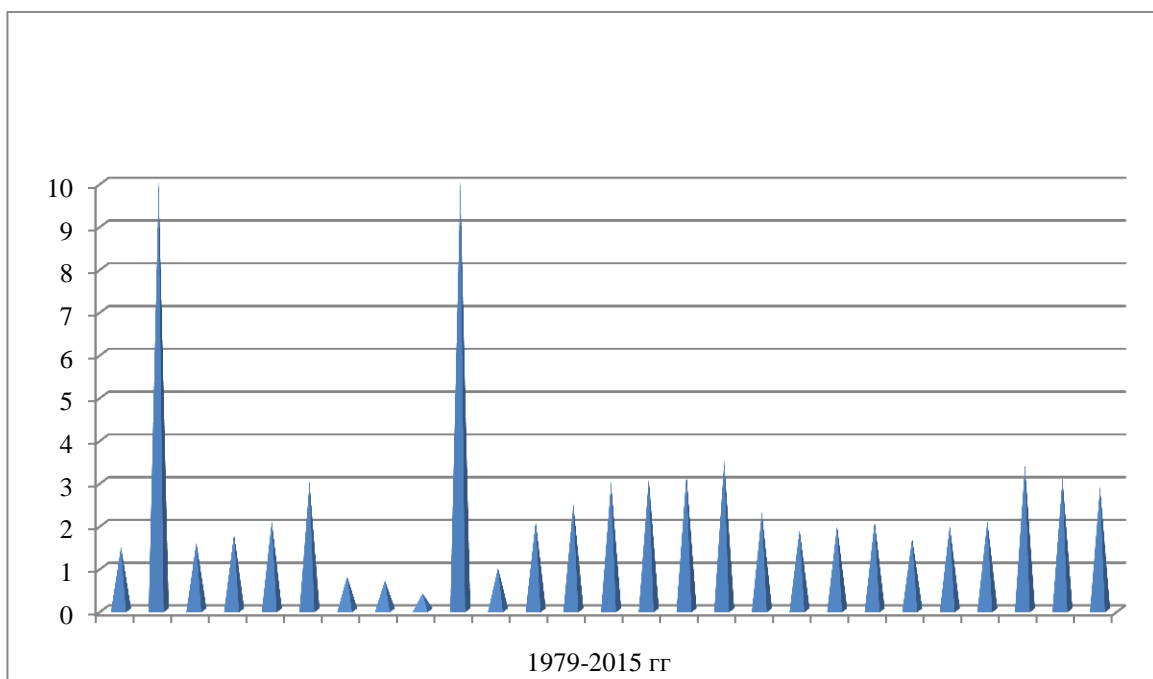


Рисунок 3 – Ежегодный ущерб от пожаров

За последние пять количество пожаров с участием объектов нефтехимии, данный вид ЧС опасен своими последствиями (невосполнимый урон экологии, финансовые затраты, ущерб жизни и здоровью людей). Поэтому обеспечение пожарной безопасности потенциально-опасных объектов – одна из важнейших задач пожарной охраны и органов власти.

Также обеспечение безопасности – производственная задача, выполнение которой требует информационного анализа и практической отдачи. Нормальное функционирование объектов нефтехимии зачастую связано с национальной безопасностью страны, поскольку ЧС локального характера может перерасти в другой вид, охватывая большие масштабы.

Реальная картина состояния пожарной безопасности на складе нефтепродуктов – совокупность методов, основанных на анализе риска.

Развитие химической промышленности связано с негативным воздействием синтетических опасных веществ на здоровье человека и окружающую среду. Совокупность технических систем, созданных на Земле, приводят к росту потенциальной опасности для нормальной жизнедеятельности.

«Основными веществами розлива нефтепродуктов считаются: бензин (53%); сырая нефть (35%); дизельное топливо керосин (10%). В России от общего числа загораний нефтеперерабатывающих предприятий, 90% пожаров в нефтебазах – загорания наземных резервуаров, содержащие вышеуказанные вещества» [5-7]. Причиной возникновения послужили: воспламенение смеси паров нефтепродукта, самовоспламенение паровоздушной смеси; самовозгорание пирофорных отложений согласно данным экспертной лаборатории.

Частой причиной воспламенения является статическое электричество, электрические искры и отложения, которые могут возгораться при поступлении кислорода. Статическое электричество наблюдается при нарушении технологического процесса, поэтому важным направлением

деятельности для рассматриваемых предприятий, является налаживание инженерно-технического обеспечения.

В ряде причин фигурируют источники зажигания, это свидетельствует о том, что проведение ремонтных работ негативно сказывается на безопасности всего процесса.

Основным видом ремонтных работ является сварочный процесс, процесс с образованием открытого пламени огня.

Поэтому важным аспектом в решении методических вопросов – обеспечение безопасного проведения ремонтных работ. Резервуары с нефтепродуктами продолжают оставаться потенциально-опасными объектами, создавая угрозу населению. Причины отнесения резервуаров к опасным объектам: пожароопасные свойства нефтепродуктов; большие размеры резервуаров – сложность проведения качественной эксплуатации данных объектов; сложность качественной проверки наличия неплотных соединений и негерметичных швов; неидеальная геометрическая форма; коррозионные повреждения; усталость конструкций.

В связи с этим, следует отметить, что часть аварий и пожаров приходится на случаи с резервуарами, требующих ремонта, часть из которых уже выработала свой срок согласно нормам эксплуатации и техническому паспорту. Процент износа стального резервуара составляет от 58% до 83%. Следовательно, каждый год увеличивается риск возникновения опасности или аварии. За последние годы анализы рисков показали, что с 1987 года по 2017 год интенсивность аварийных ситуаций составляет 0,00029 разрушений резервуаров в год. Опасность аварии характеризуется причиняемым ущербом, который зависит от отдельных ситуаций, проявляемых в процессе аварии. «Для обоснования ремонта и обслуживания действующих производств, при помощи статистических наблюдений, удалось узнать, что последствия и материальный ущерб превышает первичные затраты в 100-500 раз» [7,8]. Следовательно, это основание для обеспечения надежности резервуарных конструкций. От начала проектирования до диагностического

ремонта эксплуатируемого резервуара должна решаться проблема повышения надежности.

Анализ частичного или полного разрушения резервуара вследствие нарушения технологического процесса.

Условия возникновения: Якутия, температура:  $-56^{\circ}$ , объем резервуара -  $700 \text{ м}^3$ , материал – низколегированная сталь. Было установлено, что разлив произошел вследствие возникновения трещины в соединении шва днища и боковой поверхности корпуса. Картина аварии была воссоздана по траектории трещины и ее характеру.

Поскольку трещина дала начала утечке, произошло разрушение стенки и днища из-за интенсивного лавинного выхода нефтепродукта. Было доказано, что резервуар был изготовлен из материала, не соответствующего проектированию. Это кипящая низкоуглеродистая сталь. Далее из-за неправильного выполненного сварного шва произошло хрупкое разрушение. Резервуар считается полностью разрушенным. На рисунке 4 приведены виды загрязнений биосферы.

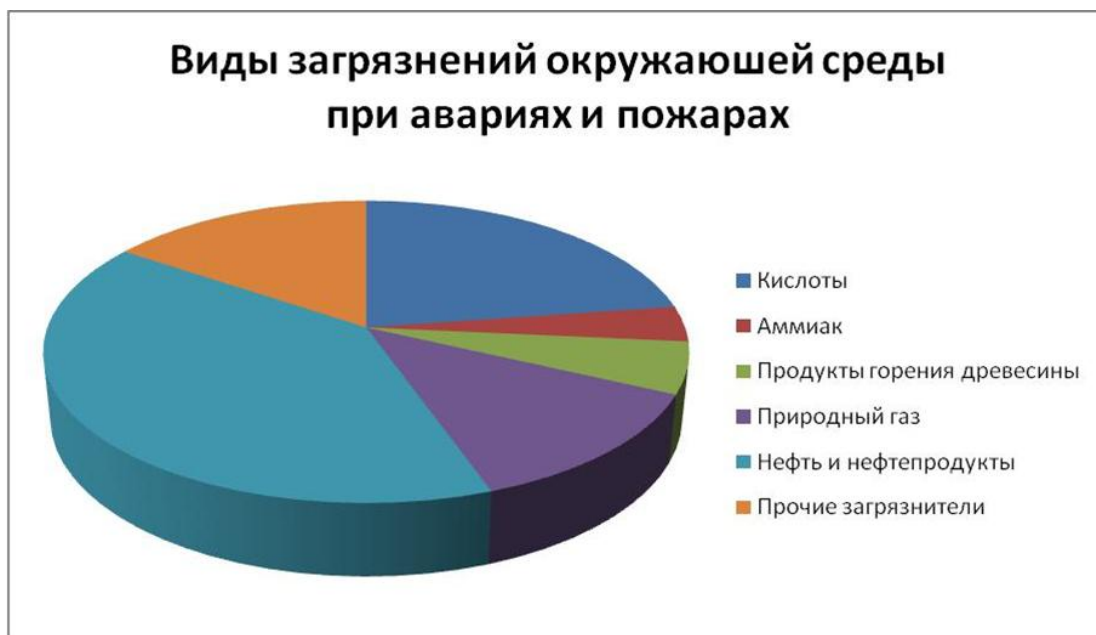


Рисунок 4 – Виды загрязнений биосферы



Особо опасными являются аварии технологического оборудования. Наиболее широко распространены следующие причины нарушения технологического процесса: неисправность запорной арматуры, негерметичность соединений. Возможна ситуация выхода большого количества горючей жидкости.

Известен случай аварии с участием резервуара полезным объемом 2000 м<sup>3</sup> в Воронежской области. Корпус резервуара был изготовлен также из низкоуглеродистой кипящей стали. Для корпуса резервуара были применены листы разных размеров, что является недопустимым требованием.

Трещина возникла в стыке стенки и днища, далее траектория поползла по первому поясу и распространилась на второй. На дальнейших поясах появился косой излом, образуя вязкую трещину. На рисунке 5 приведена ее траектория.

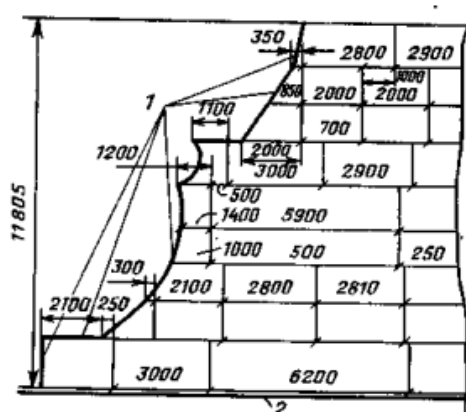


Рисунок 5 - Траектория трещины

Причина разрушения целостности стального резервуара – значительное отклонение от проекта. Вследствие не проваренного соединения и возникли непоправимые последствия. Также применение кипящей стали недопустимо, вариант проекта – спокойная сталь. Статистический анализ показывает, что качество сварного шва замыкает цепочку причинно-следственного анализа, показывая свою значимость.

К рассмотрению показательна следующая авария, с резервуаром

емкостью 5000 м<sup>3</sup>, температура среды -30°. Трещина произошла в люке-лазе, в сварном шве. Шов оказался не проваренным вследствие нарушения технологии производства работ.

Не был выведен кратер на прокладку. В некачественном сварном шве возникли повышенные напряжения, их совокупность в определенный момент и вызвала трещину. Низкая температура увеличила скорость возникновения трещины.

Ее траектория пошла на корпус основного металла. Стенки резервуара утратили устойчивость и под напором гидростатического давления деформировались.

Основная причина – нарушение технологии при сварке швов. Характерными местами разрушения в сварных соединениях являются технологические отверстия и монтажные соединения.

Понижение температуры влияет на прочность металла. Если обратиться к сведениям сферы сопротивления материалов, следует отметить, что металл без внутренних повреждений не утрачивает своих прочностных характеристик при изменении температуры. Но при наличии внутренних напряжений (надрезы, трещины) в металлических конструкциях с понижением температуры наблюдается повышенность хрупкости. Вместе с тем, хрупкость металла и условия низких температур не являются основными параметрами, определяющими возникновение нарушения процесса хранения ЛВЖ. Здесь наблюдается влияние хрупкости стальных элементов. В ряде случаев сталь проявляет переходность вязкого состояния в хрупкое состояние. Здесь способствуют и пониженная температура, и напряжение на сварные швы, и неравномерная скорость нагружаемой легковоспламеняющейся жидкости. Также на хрупкость в стали влияет концентрация химического состава. Содержание углерода в стали пагубно влияет на прочностные характеристики и увеличивает риск хрупкости.

Следовательно, содержание углерода не должно превышать 0,2 % – 0,24 % от всей доли. Положительно влияет содержание марганца, его

содержание может достигать до 0,65%. Механические свойства такой стали значительно лучше для изготовления резервуара. Содержание кремния необходимо, но до 0,25%, поскольку повышенное количество этого вещества способствует образованию дефектов при сварке. При низких температурах также значимо содержание серы, она должна равномерно распределяться по компонентному составу стального резервуара.

Сера, собираясь в скопления, некачественно влияет на свойства стали. Антикоррозионные свойства элемента – также необходимый для анализа параметр. Местная коррозия наблюдается в районе днища, углового шва с днищем. На возникновение коррозии влияет агрессивная среда – температура, концентрация в товарной воде углекислого газа и гидросульфата водорода, режим эксплуатации.

В процессе практической деятельности, было выявлено, что металл узла и первого пояса корпуса резервуара – самое разрушаемое коррозией место, так называемое локальное разрушение. Граница внутреннего шва и внутренней поверхности – зона ножевой коррозии.

Возникновение всех видов коррозий происходит в следующей технологии:

происхождение электрохимической коррозии вследствие неоднородного сварного шва, наличия коррозионно-активной среды;

образование водородосодержащих пор, возникающих при потоке водорода в поверхностных слоях;

наличие пластических сдвигов, трещин между зернами кристаллической решетки и отрывов фрагментарных частиц металла из-за действия нормального напряжения.

Все вышеуказанные стадии способны вызвать водородное охрупчивание стального корпуса.

Типовой ситуацией при пожаре резервуарного парка бывают загорания при ремонтных работах или очистке корпуса стального резервуара, они составляют почти половину от общего числа пожаров. Данная ситуация

возникает вследствие вспышки паров нефти при работах по зачистке от отложений.

Нарушение герметичности соединений запорной арматуры или неисправное состояние клапанов, нарушение правил эксплуатации также причины тяжелых последствий.

Если производство характерно сливо-наливными работами, одной из причин аварии может служить статическое электричество. От искр происходит загорание, пожар. Приспособления для такого процесса – средства заземления и присадки. «Производят обеспечение противопожарных разрывов согласно нормам из действующих стандартов и санитарных норм и правил» [11]. Также нередко возникают случаи создания вакуума внутри резервуара, когда приходит в неисправность состояние дыхательной арматуры. Меняется форма резервуара вследствие вмятин и деформаций поверхности по верхним поясам. Следовательно, металлический корпус меняет свойства, и ухудшаются прочностные характеристики. При данных условиях корпус резервуара подвержен разрывам и дальнейшему истечению нефтепродукта.

Кроме того, разрушение резервуаров может произойти от гидравлического испытания после нескольких лет эксплуатации. Разрушение происходит по различным сценариям в зависимости от ситуации. Качество монтажа и условия эксплуатации решают дальнейшее возникновение разрушения. При ситуациях с резервуарами большой вместимости (цилиндрические вертикальные) после гидравлического испытания часто явление неравномерной осадки. Она возникает между стенкой и центральной частью, причина возникновения – разное удельное давление на грунт, гидростатическая нагрузка. «Самая большая разница между осадками средней части резервуара около 0,8 м» [12]. Осадка основания корпуса резервуара – неизбежное явление в практической деятельности эксплуатации резервуарного парка. В результате того, то грунт сжимается под действием нагрузки, масса конструкции испытывает давление и возникает смещение.

Кроме того, осадка возникает неравномерно по всей площади, потому, что грунт искусственного основания проседает по-разному.

В месте соприкосновения узла сопряжения со стенкой днища появляются дополнительные напряжения из-за возникновения неравномерных осадок. По вышеуказанным причинам и возможна ситуация разрыва или деформации резервуара.

### 1.3 Методы локализации и прекращения горения нефтепродуктов в резервуарах

«Пожары с участием резервуаров нефтепродуктов бывают трех уровней: «А», «Б», и «В». Первый тип характеризуется локальным пожаром в одном резервуаре, его влияние не распространяется на соседние резервуары. Пожары второго типа «Б» включают загорания в пределах группы резервуаров, третья группа – развитие пожара с возможным переходом на другие резервуары, помещения, объекты» [13-15]. Пожары уровня «В» могут распространяться за пределы резервуарного парка, их последствия всегда самые масштабные.

При наличии плавающей крыши или понтона на резервуарах происходит разрушение затвора в течение первого часа аварии. Если уровень нефтепродукта в резервуаре низкий есть вероятность при загорании, что пожар может быть усложнен. Это объясняется тем, что корпус понтона и герметизирующий затвор мешают доступу пены на поверхность горения. При горении железобетонного резервуара его деформация и разрушение наблюдается в течение 40 минут с начала возникновения.

Помимо пены как огнетушащее вещество к тушению резервуаров целесообразно применять струи распыленной воды. Вещества, хранящиеся в резервуарах – нефть, мазут или масла. Единственным условием для применения распыленной воды является разность температур горящего вещества и температуры вспышки. В данном случае разрешена ликвидация только при положительном значении разности данных температур.

«Интенсивность подачи водяной струи тонкого распыления варьируется в пределах  $0,18-0,24 \text{ л}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ » [16].

Допускается применения порошковых составов только при тушении локальных очагов в проливах или зазорах между стенками резервуаров. Свойством порошковых составов является ингибирующая способность. Поскольку при применении порошковых составов пламя не охлаждается, то существует вероятность его самопроизвольного возникновения. Поэтому, как правило, порошковые составы применяются как дополнительное средство тушения, но не основное. Применяют комбинированные методы тушения с использованием пены и водяной струи.

Рассмотрев детально случаи мировой практики загорания нефтепродуктов, понятны причины их возникновения. Поэтому можно описать способы прекращения горения и механизмы тушения. Целесообразно для тушения нефтепродуктов применять воздушно-механическую пену. Основное преимущество пены – изоляционные свойства, охлаждающее действие. Пена обволакивает зону горения, снижает вероятность возникновения, и образования горючей смеси. Пена низкой кратности состоит из фторсодержащих пенообразователей. В теории было предложено в 1904 году русскими инженерами, поскольку было экспериментально доказано, что пена гасит пламя ЛВЖ. Взаимодействие веществ пенообразователя с молекулами ЛВЖ – сложный физико-химический процесс, локально слой пены покрывает горючую зону.

На рисунке 6 изображена схема прекращения горения жидкости воздушно-механической пеной.

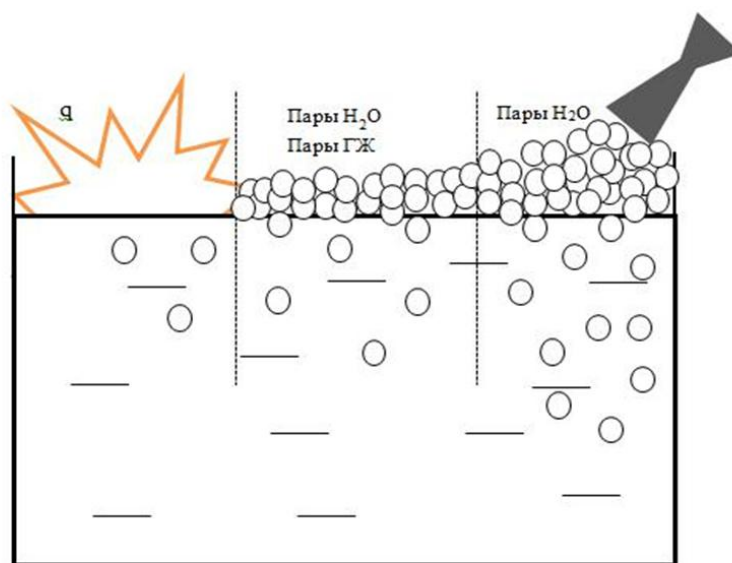


Рисунок 6 - Схема прекращения горения жидкости воздушно-механической пеной

Возможность уменьшения скорости испарения у пенного слоя в 5 см для нейтрализации бензина - 30 раз. Но все-таки применение пенообразователя требует хороших знаний и обоснования для применения той или иной ситуации.

Кроме свойств пены на тушение пожара нефтепродуктов, могут повлиять охлаждение и разбавление воды зону очага пожара. Чтобы локализовать пожар в кратчайшие сроки, необходимо обеспечить доступ слоя пены, который прекратит процесс поступления газа в очаг пожара. Параметры, от которых зависит изоляция пены – коэффициент вязкости, кратность пены, напряжение сдвига и дисперсность.

Частой причиной воспламенения является статическое электричество, электрические искры и отложения, которые могут возгораться при поступлении кислорода. Статическое электричество наблюдается при

нарушении технологического процесса, поэтому важным направлением деятельности для рассматриваемых предприятий, является налаживание инженерно-технического обеспечения.

В ряде причин фигурируют источники зажигания, это свидетельствует о том, что проведение ремонтных работ негативно сказывается на безопасности всего процесса.

Основным видом ремонтных работ является сварочный процесс, процесс с образованием открытого пламени огня.

Поэтому важным аспектом в решении методических вопросов – обеспечение безопасного проведения ремонтных работ. Резервуары с нефтепродуктами продолжают оставаться потенциально-опасными объектами, создавая угрозу населению. Причины отнесения резервуаров к опасным объектам: пожароопасные свойства нефтепродуктов; большие размеры резервуаров – сложность проведения качественной эксплуатации данных объектов; сложность качественной проверки наличия неплотных соединений и негерметичных швов; неидеальная геометрическая форма; коррозионные повреждения; усталость конструкций.

На территории нашей страны частота пожаров, связанных с хранением или транспортировкой нефти, составляет 12 пожаров в год. Самый опасный период март-июль. В зимнее время на ликвидацию пожара расходуется около 9 часов, в летнее время – 6 часов.

Пожар складов нефтепродуктов характеризуется особенным сосредоточением сил и средств, а также длительным временем ликвидации последствий. Пожар на объектах рассматриваемой категории оказывает негативное воздействие не только на здоровье людей, но и на элементы окружающей среды. При горении нефтепродуктов выделяется много токсичных веществ, образуется мощное тепловое излучение. Токсичными веществами, образуемыми горением нефтепродуктов, являются сернистая кислота, углекислый и угарный газы, азотные соединения, альдегиды, углеводороды, сажу и другие соединения в меньших долях. Концентрация



выделяющихся веществ характеризуется плотностью того или иного горящего нефтепродукта.

За последние пять количество пожаров с участием объектов нефтехимии, данный вид ЧС опасен своими последствиями (невосполнимый урон экологии, финансовые затраты, ущерб жизни и здоровью людей). Поэтому обеспечение пожарной безопасности потенциально-опасных объектов – одна из важнейших задач пожарной охраны и органов власти.

Также обеспечение безопасности – производственная задача, выполнение которой требует информационного анализа и практической отдачи. Нормальное функционирование объектов нефтехимии зачастую связано с национальной безопасностью страны, поскольку ЧС локального характера может перерасти в другой вид, охватывая большие масштабы.

Реальная картина состояния пожарной безопасности на складе нефтепродуктов – совокупность методов, основанных на анализе риска.

Развитие химической промышленности связано с негативным воздействием синтетических опасных веществ на здоровье человека и окружающую среду. Совокупность технических систем, созданных на Земле, приводят к росту потенциальной опасности для нормальной жизнедеятельности.

В связи с этим, следует отметить, что часть аварий и пожаров приходится на случаи с резервуарами, требующих ремонта, часть из которых уже выработала свой срок согласно нормам эксплуатации и техническому паспорту. Процент износа стального резервуара составляет от 58% до 83%.

Следовательно, каждый год увеличивается риск возникновения опасности или аварии. За последние годы анализы рисков показали, что с 1987 года по 2017 год интенсивность аварийных ситуаций составляет 0,00029 разрушений резервуаров в год. Опасность аварии характеризуется причиняемым ущербом, который зависит от отдельных ситуаций, проявляемых в процессе аварии. Для обоснования ремонта и обслуживания действующих производств, при помощи статистических наблюдений,

удалось узнать, что последствия и материальный ущерб превышает первичные затраты в 100-500 раз.

Следовательно, это основание для обеспечения надежности резервуарных конструкций. От начала проектирования до диагностического ремонта эксплуатируемого резервуара должна решаться проблема повышения надежности. На рисунке 7 изображено дерево событий при возникновении аварии типа «А».

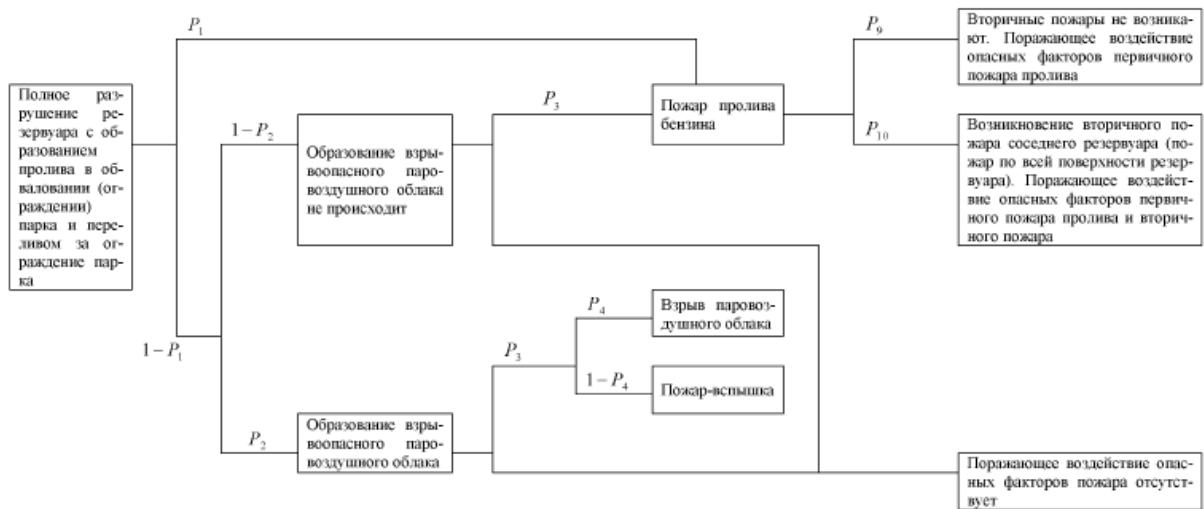
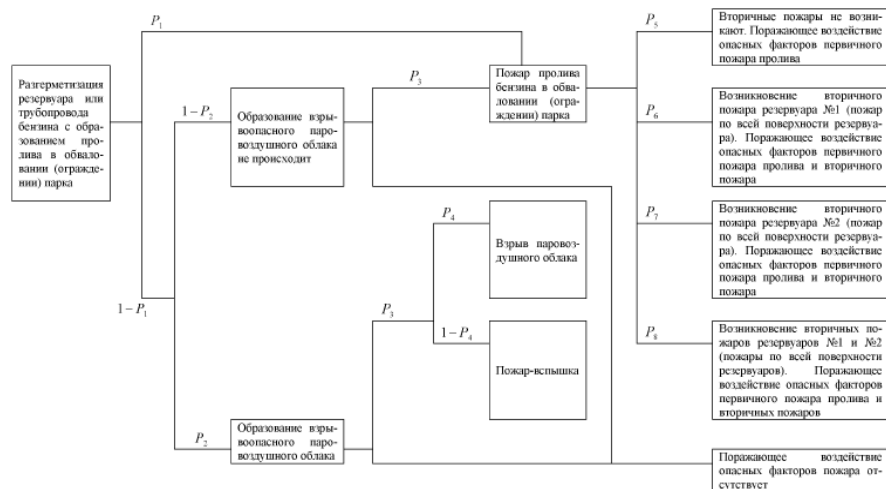


Рисунок 7 – Дерево событий при возникновении аварии типа «А»

Анализ частичного или полного разрушения резервуара вследствие нарушения технологического процесса. На рисунке 8 изображено дерево событий при возникновении аварии типа «Б».



## Рисунок 8 – Дерево событий при возникновении аварии типа «Б»

Условия возникновения: Якутия, температура:  $-56^{\circ}$ , объем резервуара -  $700 \text{ м}^3$ , материал – низколегированная сталь. Было установлено, что разлив произошел вследствие возникновения трещины в соединении шва днища и боковой поверхности корпуса. Картина аварии была воссоздана по траектории трещины и ее характеру. Поскольку трещина дала начала утечке, произошло разрушение стенки и днища из-за интенсивного лавинного выхода нефтепродукта.

Было доказано, что резервуар был изготовлен из материала, не соответствующего проектированию. Это кипящая низкоуглеродистая сталь. Далее из-за неправильного выполненного сварного шва произошло хрупкое разрушение. Резервуар считается полностью разрушенным.

Попадая в зону горения, слой пены на поверхности ЛВЖ экранирует пламя и охлаждает верхний слой. Пену можно подавать локально, она постепенно разливается, окутывая все участки, тем самым образуя условия для успешной локализации пожара. Это основное преимущество и отличительная особенность пены – как средства для тушения нефтепродуктов.

Способы обеспечения пожарной безопасности в пределах резервуарного парка.

Для того чтобы локализовать и прекратить горение, возникшее на территории резервуарного парка, следует обратиться к объемно-планировочным и техническим решениям, а также организационным мероприятиям. Такими мероприятиями могут быть:

- функциональные пути и проезды к резервуарам, устройство совмещенных с ними пожарных проездов;

- наличие противопожарных емкостей, водопровода и сухотрубов;

- наличие пожарной автотехники.

Для организации автоматики в сфере противопожарной защиты и раннего тушения, можно использовать автоматическую систему послыйного

тушения пеной и автоматическую систему подача на поверхность горения. Также применяют комбинированный способ – автоматическая система подачи пены в слой очага пожара и также на ее поверхность.

Система обеспечения противопожарной защиты – это комплекс функционирования установок пенного тушения для охлаждения резервуаров, подключения оборудования и техники, система сигнализации и автоматики пожаротушения.

Для правильной и корректной работы на территории резервуарного парка на руководителя организации возлагается ответственность за использование только сертифицированной техники и противопожарного оборудования.

Пенообразователь, используемый в работе, исследуется в лабораториях.

С точки зрения юриспруденции, за нарушения правил пожарной безопасности согласно законодательству РФ могут быть применены все виды ответственности: административная, уголовная и дисциплинарная. Все руководители наделены определенными правами и обязанностями в области ПБ. Все сотрудники производственного процесса обязаны знать правила пожарной безопасности, а также контролирования их выполнение работниками организации. В случае невыполнения требований руководитель должен принимать меры воздействия. О любой нестандартной ситуации или изменении обстановки обязательно сообщается органам надзорной деятельности пожарной охраны.

На рисунке 9 приведено возникновение и развитие пожара в резервуарном парке.

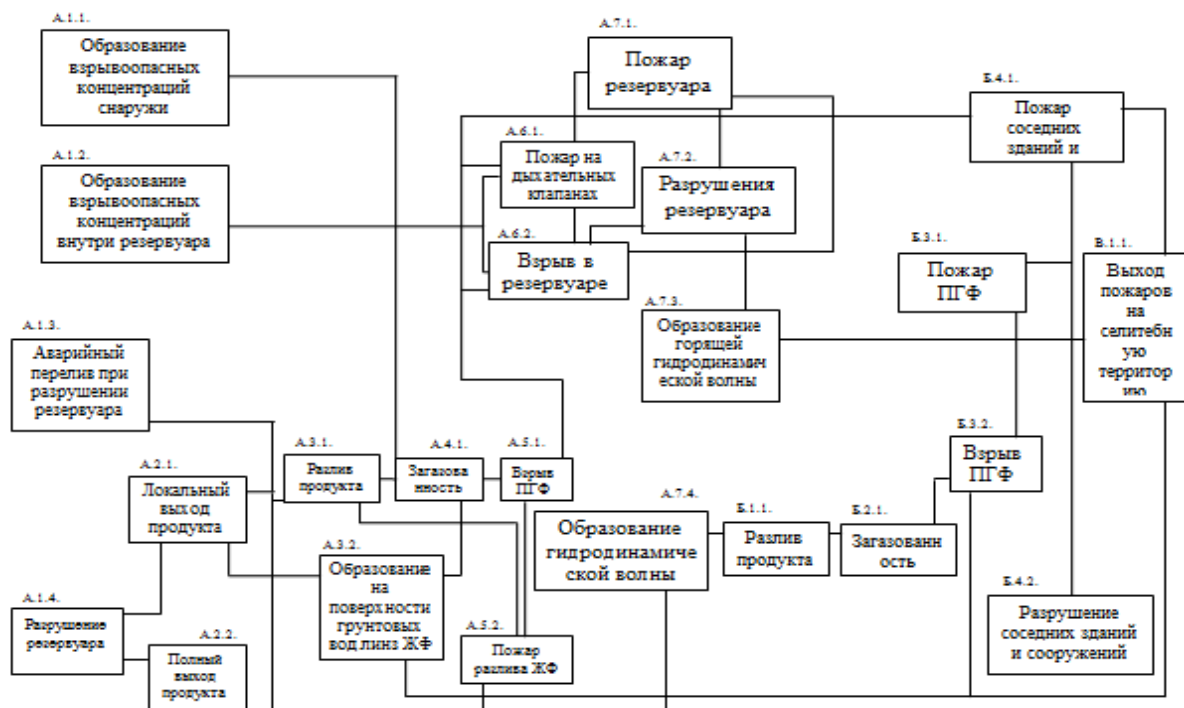


Рисунок 9 –Возникновение и развитие пожара в резервуарном парке

Работники, только устроившиеся, проходят противопожарный инструктаж и первичный инструктаж на рабочем месте, а также вводный. Повторный инструктаж проводится каждые полгода со всеми работниками организации. При противопожарном инструктаже работники изучают: алгоритмы действий при возникновении загорания, возможные причины загорания в театре; опасные участки и материалы, используемые при работе; правила пользования первичными средствами пожаротушения.

Также любой работник организации должен знать порядок обращения в пожарную охрану и другие службы. Работники, использующие в своей работе электрооборудование, проходят пожарно-технический минимум. Каждый работник резервуарного парка, обнаруживший техническую

неисправность или нарушение ПБ на территории своего рабочего места, обязан устранить или оповестить руководителя об этом.

Поскольку резервуарный парк – объект особого риска по возникновению загорания на территории, необходим четкий алгоритм действий для всех работников предприятия.

Работники резервуарного парка (сотрудники, администрация) в случае обнаружения задымления/загорания обязаны:

- 1.Сообщить по каналам связи в подразделение пожарной охраны, четко указав адрес объекта, возможное место и причину загорания, иные сведения, касающиеся опасного производства;
- 2.Организовать имеющимися возможностями тушение загорания, эвакуацию людей и материальных ценностей на безопасное расстояние, с территории резервуарного парка;
- 3.Организовать встречу пожарного подразделения, обеспечив беспрепятственный доступ к очагу пожара личному составу и пожарной технике.

Порядок действий в зависимости от ситуации может меняться, основной целью при возникновении загорания является спасение людей и имущества.

По прибытии к месту вызова о загорании руководитель тушения пожара обязан:

- 1.Подтвердить свое прибытие по каналам связи (чаще через переносные радиостанции), дав краткое содержание об оценке обстановки (что на месте, площадь, наличие дыма/розлива/взрыва, есть ли угроза людям/оборудованию)
- 2.Принять меры к эвакуации людей на безопасное расстояние, проконтролировать прибытие к месту службы скорой помощи, передать пострадавших для осмотра (прибытие скорой помощи на любой выезд пожарного подразделения первоочередная задача диспетчера, поскольку личный состав подразделений также может стать пострадавшим)

3. Привести в готовность автоматические устройства обнаружения, сигнализации, тушения (оповещение людей во всех помещениях, дымовые извещатели, система пожаротушения)
4. Произвести отключение электроснабжения, газового оборудования, если данные действия не противоречат правилам охраны труда. При невозможности – организовать вызов дежурного электрика, инженера электроснабжения. Также организовать полную остановку технологического процесса посредством вызова администрации и руководителя объекта.
5. Осуществлять руководство тушением пожара на принципах единоначалия, качественно и своевременно предоставляя информацию на центральный пункт пожарной связи и определить ранг пожара для обеспечения необходимого количества сил и средств, необходимых для ликвидации пожара.
6. Контролировать соблюдение требований настоящего законодательства в сфере охраны труда личным составом, работающим на территории резервуарного парка (наличие контрольно-пропускного пункта, поста безопасности, контроль устойчивости несущих конструкций, контроль над взрывоопасными средами)
7. Вести список эвакуируемых людей, постоянно обновляя, владеть информацией со всех боевых участков, запрашивать вызов необходимых спецслужб
8. Провести охлаждение горящего и соседнего резервуара согласно принципам решающего направления боевого устава пожарной охраны
9. Организовать подачу воды на охлаждение дыхательных клапанов.
10. Направить ствол пенной атаки в самую опасную зону горящего резервуара, где сосредоточение сил и средств наиболее целесообразно, исходя из тактических особенностей предприятия и возникшего загорания.
11. Если пожаром охвачены два и более резервуара, следует подавать стволы с наветренной стороны.

12. При ликвидации одного горящего резервуара, для работы пожарных подразделений следует охлаждать стенки данного резервуара, поскольку возможно повторное воспламенение.

По первому разделу обобщены следующие выводы: выбранный объект настоящего диссертационного исследования – резервуарный парк нефтепродуктов ООО «Форус» г. о. Сызрань.

Он является потенциально-опасным объектом г. о. Сызрань, поскольку на его территории происходят процессы по хранению, складированию нефти и продуктов ее переработки, оптовая торговля моторным топливом, розничная торговля моторным топливом.

Из общего числа резервуаров, 75%-85% от общего числа считаются уставшими (подходит срок службы, требуется капитальный ремонт, техническое обслуживание).

Особо опасными являются аварии технологического оборудования. Наиболее широко распространены следующие причины нарушения технологического процесса: неисправность запорной арматуры, не герметичность соединений. Возможна ситуация выхода большого количества горючей жидкости.



## 2 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ООО «ФОРУС»

### 2.1 Характеристика объекта ООО «Форус» и специфические особенности

На рисунке 10 изображен резервуарный парк нефтепродуктов.



Рисунок 10 – Резервуарный парк ЛВЖ, ГЖ

Назначение: хранение и складирование нефти и продуктов ее переработки, оптовая торговля моторным топливом, розничная торговля моторным топливом.

Рельеф участка пересеченный, перепад отметок до 5м. Площадка расположения склада ГСМ имеет форму многоугольника площадью 66170м<sup>2</sup>. Тип склада - прирельсовый, наземный. По функциональному назначению тип склада – распределительный.

По транспортным связям поступления и отгрузки нефтепродуктов тип склада – смешанный (железнодорожно-автомобильный). На рисунке 11 изображен резервуарный парк масел.



Рисунок 11 – Резервуарный парк масел

Главный въезд на территорию склада с западной стороны. В заводской зоне предусмотрена площадка отстоя автомашин, размером 24,0 x 90,0м. Автодороги выполнены шириной 4,5м с обочинами 1,5м, закольцованы и имеют три выезда с площадки.

На территории склада к зданиям и сооружениям предусмотрены технологические подъезды с разворотными площадками. С юго-восточной стороны находятся два железнодорожных пути (тупиковых) для сливно-наливных операций ЛВЖ и ГЖ. Наземные технологические трубопроводы проложены по опорам. На рисунке 12 изображена автоматическая система налива.



Рисунок 12 – Автоматическая система налива  
На рисунке 13 изображена насосная станция аварийной перекачки.



Рисунок 13 – Насосная станция аварийной перекачки

В таблице 2 приведена характеристика резервуаров на объекте.

Таблица 2 – Характеристика резервуаров на объекте

Резервуар РВС 3000 Диаметр - 18980 мм, Высота - 12000 мм, Номинальный объем, куб. м. - 3000 Стенка: Количество поясов, шт. - 8 Толщина верхнего пояса, мм. - 6 Толщина нижнего пояса, мм. - 9	Резервуар РВС-2000 Диаметр - 15180 мм, Высота - 12000 мм, Номинальный объем, куб. м. - 2000 Стенка: Количество поясов, шт. - 8 Толщина верхнего пояса, мм. - 5 Толщина нижнего пояса, мм. - 7
Резервуар РВС-1000 Диаметр - 10430 мм, Высота - 12000 мм, Номинальный объем, куб. м. - 1000 Стенка: Толщина верхнего пояса, мм. - 5 Толщина нижнего пояса, мм. - 6	Резервуар РВС-100 Диаметр - 4730 мм, Высота - 6000 мм, Номинальный объем, куб. м. - 100 Стенка: Толщина верхнего пояса, мм. - 5 Толщина нижнего пояса, мм. - 5

Резервуарный парк нефтепродуктов ООО «Форус» занимает площадь в 15000м<sup>3</sup>. На территории располагаются резервуарный парк ЛВЖ – масел (800м<sup>3</sup>); станция перекачки веществ; станция перекачки масел; лаборатория и резервуары опорожнения трубопроводов.

Территория склада ГСМ огорожена железобетонным забором 2,4м.

Здание АБК двухэтажное с цокольным этажом 2-й степени огнестойкости, выполнено из железобетонных панелей. Размеры в плане 15х30м. Кровля плоская рубероидная. Находиться в стадии ремонта.

Лаборатория производит полный комплекс контрольных анализов с целью определения соответствия качества нефтепродуктов. Размеры в плане 14х30м. Здание является одноэтажным, 2-й степени огнестойкости, стены панельные, окна пластиковые, кровля плоская рубероидная.

Операторская (ЛВЖ, ГЖ) в плане 8х5м, одноэтажное здание 2-й степени огнестойкости, стены их силикатного кирпича, окна пластиковые, кровля плоская рубероидная.

Склад пенообразователя отдельно стоящее одноэтажное кирпичное здание 2-й степени огнестойкости размерами в плане 6х9м. кровля круглая (арочного типа) металлическая.

Внутри здания размещается 5 кубовых емкостей закольцованных между собой и 2 резервных кубовых емкости, с пенообразователем «Ялан».

«Насосная станция светлых нефтепродуктов предназначена для слива светлых нефтепродуктов из железнодорожных цистерн. Категория наружной установки, АН - повышенная взрывопожароопасность» [16].

Насосное оборудование установлено на эстакаде с твердым покрытием под навесом.

Состав насосных агрегатов:

- два грузовых центробежных нефтяных насоса типа 6НБД8-Б с подачей  $300\text{ м}^3/\text{ч}$ , напором 44м, с электродвигателями В225М4 и мощностью 55 кВт;

- два самовсасывающих центробежно-вихревых насоса типа 1АСЦЛ2С-24Г с подачей  $30\text{ м}^3/\text{ч}$ , напором 54м, с электродвигателями В18034, мощностью 22 кВт.

Характеристика насосных агрегатов позволяет при необходимости, следующие дополнительные операции:

- налив светлых нефтепродуктов в железнодорожные цистерны;
- внутри парковые перекачки нефтепродуктов;
- опорожнение трубопроводов и резервуаров светлых нефтепродуктов.

Вспомогательные корпуса (2 ангара) ангарного типа на ленточном фундаменте размеры в плане 15х34, 5 степени огнестойкости.

В данный момент проходят пуско-наладочные работы по вводу в эксплуатацию 2-х РВС V  $3000\text{ м}^3$ .

Краткое описание технологического процесса

Нефтепродукты поступают на склад ГСМ в железнодорожных цистернах. Прием нефтепродуктов осуществляется на сливных эстакадах, оборудованных устройствами нижнего слива, обеспечивающими герметичный слив.

При неисправности прибора нижнего слива проектом предусмотрен аварийный верхний слив через наливной стояк. Процесс приема механизирован – перекачка ведется электрическими насосными агрегатами.

Прием нефтепродуктов железнодорожным транспортом производится круглосуточно ежедневно. Исходя территориальных и объемно-планировочных проектных решений, размещения технологического оборудования, аппаратурного оборудования оформления, количества опасных решений в составе площадки склада по хранению и перевалке нефтепродуктов выделено шесть блоков:

Блок №1 - сливо-наливная эстакада светлых нефтепродуктов (ЛВЖ ГЖ). Общее количество опасного вещества, находящегося в блоке одновременно 114 тонн. Опасные вещества – автомобильный бензин, дизельное топливо.

Оборудование 2-мя устройствами нижнего слива типа АСН-150ХЛ1, 2-мя сливными стояками. На эстакаде могут размещаться до 2-х цистерн грузоподъемностью по 60 тонн, или 1 грузоподъемностью 120 тонн. Протяженность ж/д эстакады 16метров.

Блок №2 - сливная эстакада темных нефтепродуктов (ГЖ). Общее количество опасного вещества, находящегося в блоке одновременно 60тонн. Опасные вещества – индустриальные масла. Оборудование 4-мя устройствами нижнего слива типа АСН-150ХЛ1, 4-мя сливными стояками. На эстакаде могут размещаться до 2-х цистерн грузоподъемностью по 60 тонн, или 1 грузоподъемностью 120 тонн. Протяженность ж/д эстакады 12 метров.

Блок №3 - Резервуарный парк светлых нефтепродуктов (ЛВЖ ГЖ). Общее количество опасного вещества, находящегося в блоке одновременно 11598тонн.

Опасные вещества – автомобильный бензин, дизельное топливо. РВС-1, РВС-2, РВС-3, резервуар стальной вертикальный объемом 3000 м<sup>3</sup>, РВС-4,



РВС-5 резервуар стальной вертикальный объемом 2000 м<sup>3</sup>, РВС-6, РВС-7 резервуар стальной вертикальный объемом 1000 м<sup>3</sup>.

Блок №4 - Резервуарный парк темных нефтепродуктов (ГЖ). Общее количество опасного вещества, находящегося в блоке одновременно 680 тонн. Опасные вещества – индустриальные масла. РВС-1, РВС-2, РВС-3, резервуар стальной вертикальный объемом 3000 м<sup>3</sup>, РВС-4, РВС-5 резервуар стальной вертикальный объемом 2000 м<sup>3</sup>.

Блок №5 – Автоматическая система налива (АСН5-М1) светлых нефтепродуктов в автоцистерны. Общее количество опасного вещества, находящегося в блоке одновременно 322 тонны. Опасные вещества – автомобильный бензин, дизельное топливо. Автоматизированная система налива в автоцистерны, АСН-5М1 «Дельта» - 7шт. Трубопроводы.

Блок № 6 - Котельная дизельная. Котел на дизельном топливе «Сомракт» типа СА-250 2 шт. Общее количество опасного вещества, находящегося в блоке одновременно 41 тонна. Опасные вещества – дизельное топливо. Подземный резервуар на 60 м<sup>3</sup> с 2-мя погружными насосами. Бак объемом 500 л. Трубопроводы.

Резервуары для светлых нефтепродуктов поделены на две группы, в первой группе резервуары № 1, 2, 3, во второй 4, 5, 6, 7. Вокруг каждой группы резервуаров выполнено обвалование с глубиной 2 м. Общая длина и ширина обвалования 100 на 70 метров. Стенки и дно обвалования выполнены из бетона.

Между группами резервуаров и обвалованиями соответственно существует проход. Обвалования соединены между собой перекрывным тоннелем диаметром 0,8 м. Все резервуары для светлых нефтепродуктов имеют систему орошения и стационарную систему надслойного пенотушения. Сухотруб системы орошения запитывается открытием задвижек на сети противопожарного водоснабжения.

Для аварийной перекачки, которая расположена рядом с резервуарным парком ЛВЖ, установлены 3 насоса аварийной перекачки. Аварийный слив топлива производится в подземную емкость объемом 3000м<sup>3</sup>.

Резервуарный парк масел состоит из 8 РВС 100 со стационарными крышами. Резервуары расположены одной группой с обвалованием глубиной 2 м. Стенки обвалования выполнены из бетона, дно земляное. Система орошения и пенотушения на резервуарах не предусмотрена проектом. В настоящее время резервуарный парк масел не эксплуатируется.

Автоматическая система налива рассчитана на одновременную заправку ЛВЖ 6 авто-бойлеров, но одновременно заполняется не более 2 авто-бойлеров.

Пожарная опасность технологического процесса резервуарного парка определяют концентрацией горючих веществ в емкостях резервуаров. Температурный режим хранения определяют возникновение горючей среды. В летний период в пределах резервуарного парка температура насыщения определяется температурой поверхностного слоя вследствие длительного теплового воздействия солнечного света. При наполнении резервуара существует наибольшая вероятность возникновения горючей среды. Для предупреждения образования горючей среды на территории резервуарного парка сводится к ликвидации или минимизации количества паровоздушного пространства и применением обвязки газоуравнения. Поскольку резервуары обустроены стационарной крышей, возникает причина повреждения корпуса резервуара – повышенное давление или создание вакуума, так как нарушается работа дыхательных устройств.

Данная проблема часто возникает в зимний период, когда происходит примерзание или обледенение элементов огнепреградителей.

Резкое увеличение давления приводит к полному разрушению резервуара из-за снижения пропускной способности. Часто возможно частичное разрушение резервуара, называемое локальным.



Поскольку содержание в условиях низких температур – явление нередкое, то принято использовать не примерзающие дыхательные клапаны. Но в подобных устройствах всё же остается угроза обледенения вследствие конденсации пара. Конденсат с течением времени намерзает, образуя тонкое отверстие в сечении огнепреградителя. Данный случай требует устройств, в которых наблюдается условие предупреждения охлаждения элементов. Могут использоваться средства утепления, устройства специального обогрева, резервуар с постоянной положительной температурой.

Ввиду причин возникновения пожаров в резервуарных парках источниками зажигания являются:

- искры механических повреждений;
- разряды статического электричества;
- тепловые удары молнии;
- возгорания отложений;
- искры от электрооборудования.

По причине ударов молнии на объектах нефтехимии возникает в летний период основная масса пожаров. Для предотвращения этого используют молниеотводы. Для профилактики статического электричества обеспечивают надежную защиту резервуаров заземленными устройствами. Явление статического электричества наблюдается, когда резервуар наполняется ЛВЖ и происходит перемешивание нефтепродукта. В этот момент потенциал статического электричества наиболее высок. Применяют плавающую крышу и понтоны.

Для удаления искр в зоне особой опасности применяют приспособления для безопасного извлечения. Чтобы снизить опасность влияния пирофорных отложений целесообразно предварительно очищать нефтепродукты от примесей и соединений серы перед началом технологического процесса. Также важным мероприятием является снижение температуры хранения нефтепродукта, предупреждение его

нагрева. Важно ещё защищать корпус резервуаров от коррозии, можно использовать железобетон вместо металла.

Пирофорные отложения способны возгораться поэтому необходим ряд мероприятий, направленных на снижение вероятности возникновения данного факта:

использование процесса медленного окисления для дезактивации отложений;  
регулярный контроль по очистке и содержание в чистоте и исправности резервуарных емкостей;

недопущение попадания в газовую среду доступа кислорода или атмосферного воздуха;

использовать в работе только те резервуары, которые могут эксплуатироваться согласно своему техническому паспорту.

Обращаясь к данным о загораниях при попадании искр электрооборудования, возникает необходимость борьбы с ними.

При помощи дистанционных устройств, уравнивателей и задвижками с электроприводом борются с попаданием искр в горючую среду. Горючие пары жидкостей и образование горючей взрывоопасной смеси возникает в приемках, где постепенно накапливается, создавая угрозу. Для этого применяют электрооборудование, защищенное от взрывов, камеры переключения. Для оборудования должен быть гарантирован подпор воздуха.

Пути распространения в здании резервуарного парка нефтепродуктов:

- разлившийся нефтепродукт – ЛВЖ;
- трубопровод газоуравнительной обвязки;
- паровоздушная смесь;
- патрубки дыхательной арматуры.

Если пожар имеет характер распространения через патрубки, существует угроза резервуарам с ЛВЖ. Поэтому для защиты от огня на патрубках, как правило, устанавливают огнепреграждающие устройства с насадками. В случае переливов нефтепродукта предупредительными мерами

являются датчики измерения и контроля, они и сигнализируют о предельном уровне наполнения.

## 2.2 Определение показателей степени и анализа риска на объекте ООО «Форус»

Риск – неотъемлемая часть функционирования любого производственного процесса, тем более, где объектом является резервуарный парк нефтепродуктов. Риском считают меру опасности, определяющую ее степень и последствия. Управление риском обеспечивает предотвращение травматизма, степень разрушений и материальные потери. Кроме того, уменьшается степень негативного воздействия на окружающую среду. Управление риском – это качественная оценка и анализ происходящей ситуации, детальное ее обследование со всех сторон.

Стадии планирования анализа риска:

определение анализируемого объекта – резервуарный парк нефтепродуктов, общее описание, характеристика;

описание причин и проблем, важность и пожароопасность объекта;

указание границ для решающих обстоятельств, влияющих на исход риск (финансовые затраты, полнота и детальность описания аварии)

определение целей и задач для определения риска;

обоснование методов анализа риска;

определение критериев риска.

Стадия предварительных проектных работ включает:

количественная оценка рисков с описание поражающих факторов аварии, действующих на персонал;

анализ приемлемых предложений размещения опасного объекта, учитываются географические особенности и близость других объектов;

информация для разработки технологического регламента аварийной ситуации;

изучение предложений по иному размещению объекта, оценка решения.

При вводе в эксплуатацию опасного объекта для анализа риска решающими выступают:

выявленные опасности и последствия, уточняющие оценки риска, оценка предыдущих этапов анализа риска;

контроль соответствия условий эксплуатации;

разработка инструкций для ввода в эксплуатацию.

Во время стадии эксплуатации опасного объекта обеспечивают:

контроль соответствия условий эксплуатации;

информация для разработки технологического регламента аварийной ситуации;

изучение предложений по иному размещению объекта, оценка решения.

доведение до совершенства инструкций по действиям в аварийных ситуациях и ликвидации самой аварии;

рекомендации по организации деятельности функционирования объекта;

оценка эффективной работы и функционирования производственного процесса;

техническое обслуживание опасной системы.

Для того чтобы обеспечить выбор анализа рисков необходимо учесть цели и задачи анализа, также определить сложность и специфические особенности рассматриваемого объекта.

Критерии риска складываются из определения комплекса условий, определением требованиям безопасности и количественных критериев.

Для определения приемлемого риска основными критериями являются: стандартизированные регламенты аспектов безопасности в области анализа риска;

все сведения о ранее произошедших аварийных ситуациях, ЧС, пожарах, оценка их последствий, разработка сценария по ликвидации данной ситуации;

примеры мировой практики;

аспекты экономической деятельности по эффективности проведения мероприятий.

Этап идентификации опасностей – выявление всех опасностей, возникающих на объекте и методы их устранения. Данная стадия является важным этапом анализа, поскольку есть вероятность об упущении того или иного фактора, влияющем на исход ситуации. Важный аспект – не забыть и учесть все критерии опасной ситуации для их детального изучения и описания. При действии идентификации опасного процесса необходимо рассмотрение иерархии в элементах технологической схемы – анализа риска. Важно выстроить правильную цепочку событий и аспектов по снижению серьезности и опасного влияния на ситуацию и нормальное функционирование процесса на объекте.

По окончании процедуры выявления идентификации опасностей утверждают: перечень событий, описание факторов риска, предварительная оценка. Далее выбирают следующее направление деятельности. Возможно прекращение анализа вследствие незначительности опасностей, оценка их удовлетворительная. Здесь происходит лишь анализ и оценка риска. Обратная ситуация – проведение детального анализа для описания предварительных рекомендаций по уменьшению негативного воздействия.

Разработка рекомендаций по уменьшению нежелательных событий происходит по следующему алгоритму:

определяют частоту возникновения иницирующих событий;

определяют последствия возникновения события;

обобщают и дают заключительную оценку проведенного исследования.

Определение частоты нежелательных событий производится с учетом статистических данных, имеющихся в данной области. Также учитывают

методы анализа разных направлений и рекомендуемых к применению, а также экспертную оценку в данной области.

Анализ возможных воздействий на окружающую среду и людей – обязательный элемент оценки последствий. Определяют физические эффекты негативного последствия и элементы отказов, перечисляются объекты в зоне опасности.

В процессе анализа последствий могут использоваться критерии поражения, разрушения объекта, рассчитывается взаимосвязь числа возникновения с масштабными показателями. Степень риска отражает реальное состояние обеспечения техносферной безопасности при обязательном учете показателей риска нежелательных событий. Результаты обоснованы интегрированием показателей рисков всех сценариев аварии, их взаимодействие между собой, анализом неопределенности и погрешности выведенных данных.

Далее в заключение разрабатывают рекомендации по уменьшению риска. Такими мероприятиями могут быть меры, обоснованные к применению для уменьшения риска.

Для разработки и планирования обеспечения безопасности являются предупреждающие и профилактические действия. Ведь целесообразнее предупредить аварию, чем ликвидировать ее последствия. Приоритетными направлениями для предупреждения аварий на потенциально-опасных объектах являются исключение факторов опасности или снижение их воздействия, поддержание процесса технологии работ под постоянным контролем. Обеспечение соблюдения норм и правил проектирования, строительства и эксплуатации здания согласно нормам положенности.

Частота возникновения наиболее опасного по последствиям сценариям аварии – разрушение всех контейнеров составляет  $3,8 \times 10^{-8}$  в год. Вероятность развития данной аварии, приводящего к гибели максимального количества людей (264 человека) составляет  $1,28 \times 10^{-9}$  в год, то есть относится к категории «практически невероятная». Вероятность развития аварии,

приводящего к гибели максимального количества населения (более 240 человек) составляет  $8,89 \times 10^{-10}$  в год, то есть относится к категории «практически невероятная».

Частота возникновения сценария аварии – разрушение контейнера с нефтепродуктом на наружной площадке составляет  $7,6 \times 10^{-7}$  в год.

Вероятность развития данной аварии, приводящего к гибели максимального количества людей (6 человек) составляет  $6,08 \times 10^{-8}$  в год, то есть относится к категории «практически невероятная».

Частота возникновения наиболее вероятной аварии – образование свища в корпусе контейнера, сообщающегося с жидкой фазой, составляет  $6,7 \times 10^{-3}$  в год<sup>-1</sup>, то есть относится к категории «возможная авария».

Максимальная величина потенциального риска достигается на огороженной территории склада хлора –  $2,77 \times 10^{-4}$  1/год. В местах массового пребывания персонала соседнего предприятия ПАО потенциальный риск не превышает  $3,5 \times 10^{-7}$  в год. На границе селитебной зоны потенциальный риск не превышает  $1,24 \times 10^{-9}$  1/год, а поселок «Локальный» –  $8,89 \times 10^{-10}$  1/год, то есть, относится к категории «практически невероятный». Территориальный риск на селитебных территориях определяется только катастрофической аварией с полным разрушением всех контейнеров в ж/д полувагоне.

Величина коллективного риска от объекта составляет  $1,85 \times 10^{-5}$  чел/год.

Около 45% в коллективный риск вносит склад хлора. Около 84% коллективного риска от аварий на декларируемом объекте определяется рисками для персонала.

Авария наиболее тяжелая по последствиям – разрушение всех контейнеров с нефтепродуктом в железнодорожном вагоне вносят вклад в коллективный риск 9,6%.

Индивидуальный риск различных категорий людей от аварий на объекте: дежурный персонал –  $1,41 \times 10^{-6}$  1/год, персонал –  $8,61 \times 10^{-7}$  1/год,

персонал ПАО -  $1,06 \times 10^{-9}$  1/год, персонал базы ГСМ –  $1,68 \times 10^{-7}$  1/год, население –  $3,94 \times 10^{-10}$  1/год.

При возникновении аварийных ситуаций в резервуарном парке количество смертельно пострадавших зависит от вертикальной устойчивости атмосферы и направления ветра.

На территории объекта находятся 8 работников в НРС и 3 работника в остальное время. Кроме перечисленных работников на территории объекта круглосуточно находятся 6 человек охраны.

При возникновении наиболее тяжелой по последствиям аварии – разрушение всех контейнеров в полувагоне на площадке разгрузки по пессимистичному прогнозу все работники объекта (8 человек) получат смертельную интоксикацию. Количество смертельно пострадавших среди третьих лиц зависит от вертикальной устойчивости атмосферы и направления ветра.

При средних погодных условиях в зоне возможного смертельного поражения могут оказаться:

при северо-восточном ветре – база ГСМ (12 чел); при западном ветре – часть территории ПАО (286 чел); при юго-западном ветре - часть территории ПАО (286 чел).

В резервуарном парке потенциальной угрозой для оборудования и материалов является хрупкое разрушение резервуаров, возникающее вследствие посторонних факторов. Одним очевидным аспектом в разрушении является высокая температура, сохраняемая в течение временного промежутка.

Если обратиться к сведениям сферы сопротивления материалов, следует отметить, что металл без внутренних повреждений не утрачивает своих прочностных характеристик при изменении температуры. Но при наличии внутренних напряжений (надрезы, трещины) в металлических конструкциях с понижением температуры наблюдается повышенность хрупкость. Вместе с тем, хрупкость металла и условия низких температур не



являются основными параметрами, определяющими возникновение нарушения процесса хранения ЛВЖ. Здесь наблюдается влияние хрупкости стальных элементов. В ряде случаев сталь проявляет переходность вязкого состояния в хрупкое состояние. Здесь способствуют и пониженная температура, и напряжение на сварные швы, и неравномерная скорость нагружаемой легко воспламеняемой жидкости. Также на хрупкость в стали влияет концентрация химического состава. Содержание углерода в стали пагубно влияет на прочностные характеристики и увеличивает риск хрупкости.

Следовательно, содержание углерода не должно превышать 0,2 % – 0,24 % от всей доли. Положительно влияет содержание марганца, его содержание может достигать до 0,65%. Механические свойства такой стали значительно лучше для изготовления резервуара. Содержание кремния необходимо, но до 0,25%, поскольку повышенное количество этого вещества способствует образованию дефектов при сварке. При низких температурах также значимо содержание серы, она должна равномерно распределяться по компонентному составу стального резервуара.

Сера, собираясь в скопления, некачественно влияет на свойства стали. Антикоррозионные свойства элемента – также необходимый для анализа параметр. Местная коррозия наблюдается в районе днища, углового шва с днищем. На возникновение коррозии влияет агрессивная среда – температура, концентрация в товарной воде углекислого газа и гидросульфата водорода, режим эксплуатации.

В процессе практической деятельности, было выявлено, что металл узла и первого пояса корпуса резервуара – самое разрушаемое коррозией место, так называемое локальное разрушение. Граница внутреннего шва и внутренней поверхности – зона ножевой коррозии.

Возникновение всех видов коррозий происходит в следующей технологии:

происхождение электрохимической коррозии вследствие

неоднородного сварного шва, наличия коррозионно-активной среды;

образование водородосодержащих пор, возникающих при потоке водорода в поверхностных слоях;

наличие пластических сдвигов, межзеренных трещин и отрывов фрагментарных частиц металла из-за действия нормального напряжения.

Все вышеуказанные стадии способны вызвать водородное охрупчивание стального корпуса.

Типовой ситуацией при пожаре резервуарного парка бывают загорания при ремонтных работах или очистке корпуса стального резервуара, они составляют почти половину от общего числа пожаров. Данная ситуация возникает вследствие вспышки паров нефти при работах по зачистке от отложений.

Нарушение герметичности соединений запорной арматуры или неисправное состояние клапанов, нарушение правил эксплуатации также причины тяжелых последствий.

Если производство характерно сливо-наливными работами, одной из причин аварии может служить статическое электричество. От искр происходит загорание, пожар. Приспособления для такого процесса – средства заземления и присадки. Также нередко возникают случаи создания вакуума внутри резервуара, когда приходит в неисправность состояние дыхательной арматуры. Меняется форма резервуара вследствие вмятин и деформаций поверхности по верхним поясам. Следовательно, металлический корпус меняет свойства, и ухудшаются прочностные характеристики. При данных условиях корпус резервуара подвержен разрывам и дальнейшему истечению нефтепродукта.

Кроме того, разрушение резервуаров может произойти от гидравлического испытания после нескольких лет эксплуатации. Разрушение происходит по различным сценариям в зависимости от ситуации. Качество монтажа и условия эксплуатации решают дальнейшее возникновение разрушения. При ситуациях с резервуарами большой вместимости

(цилиндрические вертикальные) после гидравлического испытания часто явление неравномерной осадки. Она возникает между стенкой и центральной частью, причина возникновения – разное удельное давление на грунт, гидростатическая нагрузка.

Самая большая разница между осадками средней части резервуара около 0,8 м. Осадка основания корпуса резервуара – неизбежное явление в практической деятельности эксплуатации резервуарного парка. В результате того, то грунт сжимается под действием нагрузки, масса конструкции испытывает давление и возникает смещение. Кроме того, осадка возникает неравномерно по всей площади, потому, что грунт искусственного основания проседает по-разному.

В месте соприкосновения узла сопряжения со стенкой днища появляются дополнительные напряжения из-за возникновения неравномерных осадок. По вышеуказанным причинам и возможна ситуация разрыва или деформации резервуара.

Оценка риска аварий на объекте

В конкретной ситуации для моделирования аварии на объекте ООО «Форус» было проведено частичное описание оценки риска. Для описания различных сценариев было проведено сопоставление технологических данных резервуарного парка с «деревом событий» типовых ситуаций.

Условиями риска могли служить: нарушение технологического процесса или человеческий фактор (действия во время рабочего процесса).

Стандартные ситуации на резервуарных парках могут быть:

Сценарий С-1 – Разрушение или деформация резервуара с нефтепродуктом (выход, истечение нефти → розлив ЛВЖ → образование взрывоопасной смеси → воспламенение паров → возможность взрыва → негативное действие выходящего облака в окружающую среду, на человека → дальнейшие последствия, связанные с территориальными особенностями объекта.

Сценарий С-2 – Разрушение или деформация двух резервуаров с нефтепродуктом (выход, истечение нефти → розлив ЛВЖ → образование взрывоопасной смеси → воспламенение паров → пожар → негативное действие выходящего облака в окружающую среду, на человека → дальнейшие последствия, связанные с территориальными особенностями объекта.

Сценарий С-3 – Разрушение или деформация технологического трубопровода → (выход, истечение нефти) → утечка, розлив ЛВЖ → образование взрывоопасной смеси → воспламенение паров → взрыв → разрушение трубопровода и рядом стоящей установки и оборудования → негативное действие выходящего облака в окружающую среду, на человека → дальнейшие последствия, связанные с территориальными особенностями объекта.

Сценарий С-4 – Возникновение загорания на территории резервуарного парка от короткого замыкания электрооборудования → плотная дымовая завеса → пожар → распространение пламени по элементам горючих материалов (отделка, ветошь, пирофорные отложения, пыль, остатки масел или ЛВЖ) → воспламенение паров → увеличение площади пожара → разрушение трубопровода и рядом стоящей установки и оборудования → деформация резервуара → розлив нефтепродукта → негативное действие выходящего облака в окружающую среду, на человека → дальнейшие последствия, связанные с территориальными особенностями объекта.

Изучив особенности объекта, тактико-техническую характеристику, технологический процесс, после определенных расчетов можно сделать следующие выводы:

С<sub>1</sub> – полное разрушение одного резервуара с нефтью;

С<sub>2</sub> – полное разрушение двух резервуаров с нефтью;

С<sub>3</sub> – полное разрушение трубопровода;

С<sub>4</sub> – полное разрушение более 60% резервуарного парка нефтепродуктов;

Для оценки масштабов аварии основными сценариями выделены:

1. Наиболее опасный сценарий:

-полное разрушение более 60% резервуарного парка нефтепродуктов (в том числе с перехлестом нефти через обвалование) с дальнейшим распространением, воспламенением, взрывом, пожаром;

2. Наиболее вероятный сценарий:

-загорание на территории резервуарного парка с повреждением одного резервуара.

2.3 Методы обеспечения пожарной безопасности технологического процесса на резервуарном парке нефтепродуктов ООО «Форус»

Для обеспечения условий труда на территории резервуарного парка рассматривают воздействие опасных и вредных факторов на здоровье человека в процессе трудовой деятельности. Физическими факторами являются температура среды и воздуха, уровень вибрации и шума, уровень напряжения, электромагнитное излучение, наличие газовых концентраций в рабочей зоне. Химические факторы – раздражающего действия, общетоксические и психосоматические. Процесс является пожароопасным, поэтому также есть потенциальная угроза окружающей среде – элементам биосферы, водным ресурсам, почвенному покрову и атмосферному воздуху. Для обеспечения безопасных условий труда руководитель объекта проводит контроль над функционированием рабочего процесса, соблюдением правил ПБ и эксплуатации. Безопасность труда должна быть обеспечена механизированными и автоматизированными рабочими элементами системы функционирования резервуарного парка.

В основном, для хранения нефтепродуктов используются металлические, железобетонные или синтетические резервуары. Широко применяются в практике стальные цилиндрические резервуары.

Основные объекты нефтеперерабатывающей промышленности, требующие повышенной защиты:

1. Склады, резервуарные парки, объект защиты – шаровые и цилиндрические резервуары хранения ЛВЖ, ГЖ под давлением.
2. Промежуточные парки, товарно-сырьевая база, объект защиты - шаровые и цилиндрические резервуары хранения ЛВЖ, ГЖ, но без давления.
3. Открытые железнодорожные эстакады с ЛВЖ, ГЖ.
4. Наружные технологические установки
5. Наружные технологические установки

Если резервуарный парк находится на отметке выше, чем отметка основных построек близлежащей территории, то необходимо проведение мероприятий, направленных на предотвращение разлива в сторону уклонов.

При размещении складов с нефтепродуктами необходимо проектирование двух-трех выездов на автодороги или подъездные пути. Проездная часть у границ резервуарного парка должна иметь ширину не менее 3-4 метра, с определенным покрытием. Сливоналивные эстакады оборудуются дополнительно кольцевым проездом для пожарных автомашин. Планировочные отметки проезжей части резервуарного парка допускается проектировать более 0,3 м планировочных отметок прилегающей территории. Рекомендуется на территории складов нефтепродуктов благоустраивать и озеленять участки деревьями и кустарниковыми растениями, но без волокнистых и цветущих стеблей. В производственных частях данных объектов территорию озеленяют лишь газонами. Внутри территории обвалования нельзя озеленять участки. Если хранение мазута производится в подземных резервуарах, то в конкретном случае с мазутом, лишь допускается обвалование. Кроме того, всегда требуется наличие запасного аварийного резервуара. Расчет его объема производится путем несложных расчетов - 30% от суммарного объема всех резервуаров. При загорании на объекте нефтехимии организуют тушение при помощи технических устройств наружного противопожарного водоснабжения предприятия. При этом должен обеспечиваться требуемый расход и напор воды для противопожарных нужд.

Хранение нефтепродуктов в таре допускают в специальных зданиях и под навесом. Склады с ЛВЖ проектируют как одноэтажные здания, горючие нефтепродукты не более трехэтажными зданиями. Допустимо проектирование складов с ЛВЖ в таре в подземных сооружениях. В таре нефтепродукты могут храниться только с температурой вспышки ниже 45 °. Одновременное хранение ЛВЖ и горючих нефтепродуктов допустимо, но должна соблюдаться вместимость по расчету  $1\text{ м}^3 \text{ ЛВЖ} = 1\text{ м}^3 \text{ ГН}$ .

Для устройства дверных проемов внутренних стен устанавливают пандусы до 0,15 м. Отделочные материалы полового покрытия выполняются из негорючих материалов, с уклонами для жидкостей в прямки.

Помещения складов отделяются противопожарными перегородками 1-го типа. Одной из главных причин возникновения пожаров на складах нефтехимии считается воспламенение паров от посторонних источников зажигания. Наряду с этим в зоне теплового излучения происходит разрушение несущих конструкций, происходит разгерметизация трубопроводов и в дальнейшем выход вещества. Далее непосредственно происходит пожар.

Важно обеспечение ПБ при наличии источников зажигания, а именно искр топок или механических ударов, трения разрядов электричества или нарушения регламента при работе с электронагревателями. Пути распространения пожара – поверхность выливающегося нефтяного продукты, сливные коллекторы, смеси паровоздушных соединений.

#### Требуемое устройство резервуаров

Резервуары для хранения нефтепродуктов обычно изготавливают из листовой стали 2-3 мм, для корпуса и днища толщина покрытия достигает 4 мм. Расположение листов в устройстве резервуаров производят горизонтально длинной стороной. Поясом считают один ряд свариваемых листов. Пояса в зависимости от принципиальных особенностей производства располагаются ступенчато, встык или телескопически. Смещение вертикальных швов должно быть свыше 500 мм. Толщина днища

варьируется в пределах 4-8 мм, резервуар устанавливается на фундамент. Фундамент обычно состоит из подсыпки грунта и песчаной подушки. Далее выкладывают изолирующий слой смеси песка с мазутом для предотвращения процесса коррозии днища. Объем резервуаров может достигать 300 м<sup>3</sup>. Образование резервуарных парков обусловлено необходимостью сокращения площади. Суммарный объем не должен превышать 300 м<sup>3</sup>.

Перекачивающие станции оборудуются резервуарами из неметаллических материалов, в основном их бетона или железобетона или кирпича. Долговечными считаются железобетонные резервуары, поскольку работа материалов направлена на прочность и сжатие.



### 3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

«Для локализации и ликвидации загорания в резервуарах с нефтепродуктами используют следующие мероприятия и методы, способствующие предотвращению образования горючей среды» [1, 15,18, 29]:

устройство аппарата газовой обвязки одновременно работающих аппаратов для сокращения поступающего атмосферного воздуха;

применение понтонов и плавающих крыш для ликвидации свободного паровоздушного пространства;

увеличение количества опорожняемых аппаратов для изменения скорости в частицах жидкости.

В производственной канализации устраивают гидравлические затворы для прекращения распространения пожара. Обеспечивают установку устройств, ограничивающих огневой фронт, на дыхательные клапана.

#### 3.1 Способы и предложения технических устройств по сокращению горючей среды

«Для нормального функционирования и предотвращения образования горючей среды на территории резервуарного парка применяют общие обменные вытяжные системы и приточные системы подачи воздуха. Также необходимо устройство местной и аварийной вентиляции» [1, 7, 18, 29].

При возникновении пожара опасные его факторы способны распространяться через дверные и оконные проемы, неплотные конструкции соединительных элементов ограждающих конструкций. Поэтому производственные помещения резервуарных парков целесообразно устанавливать тамбуры-шлюзы с подачей в них атмосферного воздуха при помощи системы вентиляции.

В случае частичной деформации или полного разрушения резервуаров

на территории производственного потенциально-опасного объекта нужно обеспечить:

проезды, пути и дороги на отметке выше планировочной на 1,5-2,5 м;

устройство стены обвалования для удержания жидкости в случае разрушения резервуара.

Если обратиться к автоматизации процесса, то система автоматического контроля и управления должна обеспечивать подачу сигнала (звуковое или световое) при снижении количества в резервуаре содержимом ЛВЖ. А в случае перелива нефтепродукта, кроме сигналов, должно обеспечиваться автоматическое отсоединение подачи насосов резервуара.

Насосы, предназначенные для перекачивания нефтепродуктов и сырья, должны содержать в себе:

блокировочные системы и установки сигнализационных блоков для непосредственного отключения насосов в момент утечки нефтепродукта или другой нештатной ситуации;

устройствами блокировки, которые прекращают работу насоса, если уровень жидкости в резервуаре выше или ниже допустимого значения выше пределов нормы.

Технологические трубопроводы с нефтепродуктами на территории РФ должны быть только наземными, также они обеспечиваются защитой механических повреждений и отвисаний. Важный неотъемлемый элемент в работе системы технологических трубопроводов – это отсекающая арматура. Кроме того, обратный клапан или другое альтернативное устройство должно предусматриваться на нагнетательном трубопроводе. Это устройство предотвращает перемещение жидкости в обратном направлении.

В приемных колодцах для ликвидации загорания целесообразно устраивать устройства «самозатухания». При разгерметизации фланцевых соединений, часто встречающейся проблеме нарушения технологического процесса, применяют огнестойкие покрытия с пределом огнестойкости до 1

ч. Также возможно применения локального устройства оросительных устройств на запорную арматуру – коренные задвижки.

Для предотвращения пожара в горючей среде – на территории резервуарного парка, предлагается комплекс мер и способов:

- применение изолирующих материалов для помещений (отсеки, камеры, подсобные помещения, кабины и т.д.);
- ограничение массы и размеров резервуаров в пределах производственного процесса, важно понимать фактор обеспечения безопасности над финансовой прибылью организации;
- применение негорючих веществ и материалов (для ремонтных работ, технического обслуживания);
- увеличение масштабов автоматизации производственных элементов резервуарного парка для сокращения времени обнаружения и соответственно тушения загорания;
- поддержание постоянной температуры и рабочего давления окружающей среды, оптимальных условий для поддержания рабочего процесса;
- поддержание нормальной концентрации среды для нефтегазового комплекса.

Профилактические действия и мероприятия, предотвращающие загорания в нефтегазовом комплексе:

- использование электрооборудования с качественным исполнением проводки, соединительных элементов и кабелей, пригодным с точки зрения срока службы и прошедшим регулярный ремонт и обслуживание;

- использование машин и механизированных элементов без источников зажигания;

- устройство в работе оборудования для оперативного отключения источников зажигания;

- применение и устройство молниезащиты здания и оборудования;

- содержание резервуаров, 4установок и оборудования в чистоте и исправности в течение процесса технологии работ, обеспыливание поверхностей и очищение всех элементов помещений от отложений сажи и

других горючих сред.

Помимо пены как огнетушащее вещество к тушению резервуаров целесообразно применять струи распыленной воды. Вещества, хранящиеся в резервуарах – нефть, мазут или масла. Единственным условием для применения распыленной воды является разность температур горящего вещества и температуры вспышки. В данном случае разрешена ликвидация только при положительном значении разности данных температур. Интенсивность подачи водяной струи тонкого распыления варьируется в пределах  $0,18-0,24 \text{ л}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ . Допускается применения порошковых составов только при тушении локальных очагов в проливах или зазорах между стенками резервуаров. Свойством порошковых составов является ингибирующая способность. Поскольку при применении порошковых составов пламя не охлаждается, то существует вероятность его самопроизвольного возникновения. Поэтому, как правило, порошковые составы применяются как дополнительное средство тушения, но не основное. Применяют комбинированные методы тушения с использованием пены и водяной струи.

Рассмотрев детально случаи мировой практики загорания нефтепродуктов, понятны причины их возникновения. Поэтому можно описать способы прекращения горения и механизмы тушения. Целесообразно для тушения нефтепродуктов применять воздушно-механическую пену. Основное преимущество пены – изоляционные свойства, охлаждающее действие.

Пена обволакивает зону горения, снижает вероятность возникновения, и образования горючей смеси. Пена низкой кратности состоит из фторсодержащих пенообразователей. В теории было предложено в 1904 году русскими инженерами, поскольку было экспериментально доказано, что пена гасит пламя ЛВЖ. Взаимодействие веществ пенообразователя с молекулами ЛВЖ – сложный физико-химический процесс, локально слой пены покрывает горючую зону.

### 3.2 Мероприятия по устранению причин инициирования горения резервуарного парка нефтепродуктов

Поскольку вовремя предотвратить пожар является первоочередной задачей для подразделений противопожарной службы, важно задуматься о последствиях ликвидации. Во время тушения используется большое количество огнетушащих веществ, их воздействие на металлические и другие конструкции приводит к разрушению и коррозии. Поэтому для предотвращения этих разрушений следует организовать контроль отбора проб сырья на качество и наличие примесей. При чистке и техническом обслуживании технологического оборудования ведут работы предельно аккуратно: негорючими, не красящими веществами и материалами при постоянном смачивании водой.

Эксплуатацию электроустановок обеспечивают соблюдением данных мероприятий:

- целесообразным выбором защиты электрооборудования от причины короткого замыкания элементов;

- своевременным устройством средств заземления и защиты;

- правильным устройством канализации и выполнением требований пожарной безопасности;

- обеспечением надежности устройства прохода кабелей.

Проводы и вводы кабелей оборудования технологического процесса резервуарного парка выполняют с уплотнительными элементами. Регулярный контроль герметизации элементов оборудования – обязательное мероприятие, выполняемое каждую рабочую смену инженерами технической службы. Все визуальные осмотры и проверки обязательно вносятся в журналы и акты осмотра оборудования. Оборудование и резервуары проходят процедуру освидетельствования. Запрещено выполнять изоляцию из материалов с полиэтиленовыми включениями. Электроустановки резервуарного парка обеспечиваются аппаратами защиты от короткого

замыкания. Режим эксплуатации оборудования характеризуется нормальным функционированием оборудования и поддержанием оптимальных значений рабочих температур и давления. Соединение проводов и кабелей производится с помощью процесса пайки, опрессовки или зажимов. Техническими работниками регулярно проводится замер показателей сопротивления изоляции. При отклонении от нормы запрещается эксплуатировать провода и кабели.

Рабочей температурой поверхности технологического оборудования считается показатель с коэффициентом 0,8 от температуры воспламенения нефтепродуктов. В условиях горючей среды обеспечивается оборудование, исключающее наличие и образование искр. Трубопроводы всегда обеспечиваются герметичными и плотными соединениями. Прокладка воздухопроводов допускается только не в близости источников открытого огня и высоких рабочих температур. Для предотвращения образования искр обеспечивают установки искроулавливателей, удаляют опасные источники на расстояние. После проведения ремонтных работ на территории резервуарного парка проводят контроль места проведения. Резервуары с нефтепродуктами продолжают оставаться потенциально-опасными объектами, создавая угрозу населению. Причины отнесения резервуаров к опасным объектам: пожароопасные свойства нефтепродуктов; большие размеры резервуаров – сложность проведения качественной эксплуатации данных объектов; сложность качественной проверки наличия неплотных соединений и негерметичных швов; неидеальная геометрическая форма; коррозионные повреждения; усталость конструкций. В связи с этим, следует отметить, что часть аварий и пожаров приходится на случаи с резервуарами, требующих ремонта, часть из которых уже выработала свой срок согласно нормам эксплуатации и техническому паспорту. Процент износа стального резервуара составляет от 58% до 83%. Следовательно, каждый год увеличивается риск возникновения опасности или аварии. За последние годы анализы рисков показали, что с 1987 года по 2017 год интенсивность

аварийных ситуаций составляет 0,00029 разрушений резервуаров в год. Опасность аварии характеризуется причиняемым ущербом, который зависит от отдельных ситуаций, проявляемых в процессе аварии. Для обоснования ремонта и обслуживания действующих производств, при помощи статистических наблюдений, удалось узнать, что последствия и материальный ущерб превышает первичные затраты в 100-500 раз. Следовательно, это основание для обеспечения надежности резервуарных конструкций. От начала проектирования до диагностического ремонта эксплуатируемого резервуара должна решаться проблема повышения надежности.

### 3.3 Предотвращение и ограничение распространения пожара

Для защиты объекта нефтехимии – резервуарного парка нефтепродуктов целесообразно проектировать системы, которые способны предотвратить попадание нефтепродуктов в товарную воду. Важно обеспечить систему аварийного слива, где нефтепродукт самотеком выливается из резервуара с помощью средств перекачки.

«Облегчить работу пожарным подразделениям, а также значительно снизить ущерб от пожара на территории резервуарного парка можно с помощью применения современных технических устройств, применяемых в промышленном производстве. Такими устройствами считаются приборы измерения горючей среды, наличие искр, огнепреградители, негорючие материалы для отделки, средства молниезащиты. Также целесообразно эксплуатировать системы пожаротушения (например, водой тонкого распыления)» [1, 17, 28, 29]. Также существуют и другие автоматические системы пожаротушения:

подслойного тушения загорания в резервуарах с нефтепродуктом со стационарной крышей или между резервуаром и защитной стеной, которая

рассчитана на удержание жидкости, если резервуар полностью разрушен;  
снижения испарения выливающегося из резервуара нефтепродукта;  
комбинированных средств и гидромониторов, способных подавать огнетушащие вещества;  
эжекторных генераторных установок с пеной высокой кратности;  
пленкообразующих пенообразователей.

Дополнительными мерами защиты наземных резервуаров от факторов пожара могут быть:

системы охлаждения резервуаров в виде стационарного оборудования, которые устраивают без жестких связей с резервуаром (такие системы имеют ввод дополнительно с другой стороны обвалования для подачи огнетушащего вещества);

проектирование дополнительного устройства обвалования между резервуарами с нефтепродуктом;

устройство комбинированных гидромониторов для подачи воды на охлаждение, подачи пены для покрытия горячей жидкости или робототехническая установка на дополнительном обваловании.

Анализ действующих технических нормативных правовых актов, регламентирующих условия безопасности для нефтебаз, показывает многочисленность различных требований, направленных на обеспечение пожарной безопасности нефтебазы. Тем не менее, в работе предпринята попытка систематизировать основные требования и мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности, реализация которых позволит достигнуть требуемого уровня пожарной защищенности исследуемого объекта и не допустить возникновения пожароопасных ситуаций.

Фактическое состояние объекта показывает, что основная масса технических и организационных мероприятий на объекте выполняется, о чем убедительно свидетельствуют и предписания надзорных органов МЧС, и состояние зданий и сооружений, и разработанная декларация промышленной



безопасности.

Указанные обстоятельства позволяют судить о высокой готовности объекта по обеспечению пожарной безопасности.

Мероприятия по улучшению системы пожаротушения резервуарного парка:

1. Разработка организационного плана мероприятий, расписанного на год, включающего пути направления на повышение промышленной безопасности ООО «Форус». Такими мероприятиями могут быть - контроль эксплуатации техники и оборудования, оснащение необходимым оборудованием, обеспечивающим безопасные условия труда; своевременный ремонт, реконструкция здания; мероприятия по охране труда.

2. Разработка плана пожарно-технических мероприятий (контроль проверок органами надзорной деятельности; проведение совместных тренировок и учений согласно графику гарнизонных мероприятий ФГКУ «7 отряд ФПС по Самарской области»).

3. Контроль ведения документации по охране труда с практическим исполнением всех видов деятельности (первичный, вводный, повторный, внеплановый, целевой инструктаж; контроль знаний работниками парка).

4. Организация и составление квартальных планов по охране труда с записью в журналах, инструкциях, внутренним приказам и официальной переписке с органами власти и пожарного надзора.

5. Разработка плана функционирования технологического процесса в осенне-зимний период (утепление фасадов, корпусов, трубопроводов, проверка аварийных системы вентиляции, сливных трубопроводов)

6. Разработка плана мероприятий по обеспечению надежности элементов технологической схемы и безопасной работы оборудования (контроль выбросов в окружающую среду; паспорта безопасности на объект по помещениям; сертифицированная процедура вывоза и утилизации отходов)

7. Взаимодействие с пожарной охраной (подготовка к проверкам, предоставление справочных документов о деятельности организации, хранение плана тушения пожара со всеми подписями должностных лиц, своевременная замена внутренних приказов и инструкций)

8. Оснащение резервуарного парка дополнительными линиями телефонной и громкой связи с нанесением их местоположения на общее обозрение работникам

9. Периодическая зачистка резервуаров, ежегодно – для масел с присадками, каждые два года – для масел, бензина и топливного материала.

10. Регулярный осмотр оборудования (дыхательные клапаны, сливное оборудование, корпус резервуара, соединения, кабели и провода, электропроводка оборудования, герметичность соединений) с незамедлительным восстановлением всех агрегатов и механизмов.

11. Проведение регулярного технического осмотра, ремонтных работ согласно срокам эксплуатации, техническим паспортам завода-изготовителя на оборудование

12. Запрет на ввод в эксплуатацию оборудования, дающего большие погрешности несоизмеримые с нормальными показателями рабочего процесса

3.4 Технические средства для обеспечения пожарной безопасности резервуарного парка

На рисунке 14 изображен резервуар для тушения.

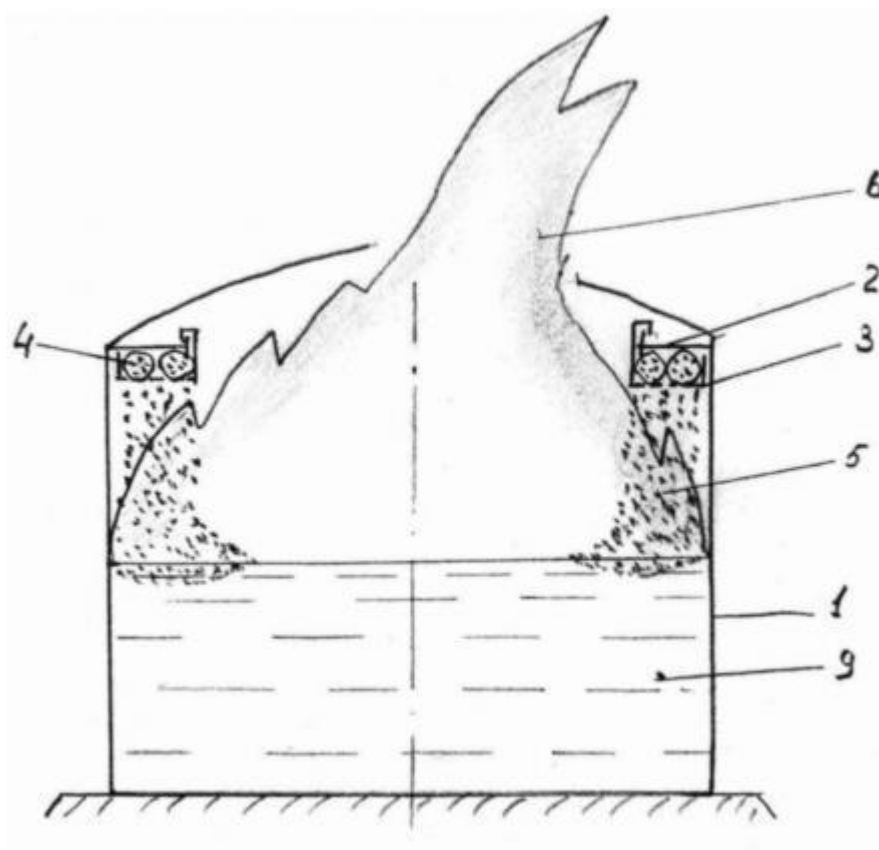


Рисунок 14 – Резервуар для тушения

«Изобретение относится к резервуарам для технологических операций с нефтью и нефтепродуктами. В верхней части стенки резервуара по периметру закреплены решетчатые кассеты с пакетированным гранулированным тушащим материалом. Например, пеностеклом, а пакеты выполнены из легкоплавкого маслобензостойкого материала, например полиэтилена, с температурой плавления менее  $200^{\circ}\text{C}$ . С возникновением пламени внутри резервуара и достижением температуры плавления пакетов, гранулированный тушащий материал просыпается на поверхность нефтепродукта и, расплываясь, тушит очаг возгорания»[36].

«Техническим результатом изобретения является обеспечение самотушения резервуаром возгораний, недопущение развития мощности горения нефтепродукта и повышение эффективности пожаротушения, в результате чего снижается температурная радиация на окружающую среду»[36].

«Изобретение относится к резервуарам для технологических операций с нефтью и нефтепродуктами. Известны резервуары с внешними системами пожаротушения: пенной, подслоной или газовой»[36].

«Согласно требованиям ГОСТ 31385-2008 п. В 9 и СП21-104-98 «Свод правил по проектированию систем противопожарной защиты резервуарных парков Госкомрезерва России» резервуары оснащаются стационарными системами пенотушения и системами от передвижных средств (СПТ)»[36].

«Недостатком систем пожаротушения от передвижных средств являются продолжительное время от момента возгорания до момента подачи пены, пожар набирает полную мощность и затрудняет подходы к резервуару»[36].

«Наиболее близким техническим решением к предлагаемому изобретению является ССПТ. ССПТ состоят из насосной станции, резервуаров для воды и пенообразователя, пеногенератора для получения пены соответствующей кратности, задвижек с дистанционным приводом, дозирующей аппаратуры, трубопроводов для подачи раствора от насосной станции к пеногенераторам, установленным на резервуаре, и средств автоматизации»[36].

«Недостаток - слабая надежность и сложность систем, при отказе любой из составляющих системы пенотушение не срабатывает, кроме того, при низких температурах окружающей среды возможно замерзание жидкости (раствора пенообразователя, воды) в пенопроводах или арматуре и закупорка трубопровода. ССПТ инерционны, время от момента возгорания до подачи пены на горящую жидкость в резервуаре также продолжительно, необходимо время на срабатывание пожарных датчиков, включение насосов, открытие задвижек на пенопроводах. За этот период пламя успевает набрать большую мощность, что затрудняет пенотушение»[36].

«Цель изобретения - самотушение резервуаром возгорания, недопущение развития мощного горения нефтепродукта и повышение эффективности пожаротушения»[36].

«Поставленная цель достигается тем, что

- для самотушения возгорания в резервуаре по периметру на кольце жесткости или в верхней части стенки резервуара в решетчатых кассетах размещается пакетированный гранулированный тушащий материал, например пеностекло, а герметичные пакеты выполнены из легкоплавкого маслобензостойкого материала, например полиэтилена»;

- «для недопущения развития мощного горения нефтепродукта в резервуаре температура плавления материала пакетов не превышает 200°С, сброс тушащего материала из пакетов на горящую поверхность нефтепродукта происходит в начальный период возгорания при относительно низких температурах»;

- «эффективность пожаротушения достигается более чем десятикратным снижением температурной радиации вокруг горящего резервуара, что позволяет снизить риск возгораний или взрывов на смежных резервуарах, создает более благоприятные условия оперативному персоналу мобильных средств пожаротушения, для завершения пожаротушения»[36].

«Показана закрытая поверхность горящего нефтепродукта расплывшимся по поверхности тушащим материалом и возможные отдельные мелкие точки с незавершенным тушением нефтепродукта»[36].

«Схематично показаны расположенные по периметру и закрепленные на кольце жесткости решетчатые кассеты с пакетированным тушащим материалом и просыпавшийся тушащий материал после плавления и разгерметизации пакетов, очертание пламени внутри стенок в резервуаре»[36].

«Изображены кассеты после расплавления пакетов и просыпания на поверхность нефтепродукта тушащего материала, расплывшийся на

поверхности нефтепродукта тушащий материал и возможные оставшиеся мелкие незакрытые тушащим материалом окна на поверхности нефтепродукта с мелкими языками пламени»[36].

«Резервуар с самотушением возгораний работает следующим образом»[36].

«В нормальном эксплуатационном положении в верхней части резервуара по периметру закреплены решетчатые кассеты с пакетированным гранулированным тушащим материалом, например, пеностеклом. Объем тушащего материала рассчитывается исходя из полного покрытия поверхности нефтепродукта слоем, достаточным для тушения пламени. Экспериментальные данные подтвердили достаточность слоя, например, гранулированного пеностекла в 30-50 мм»[36].

«Герметичные маслобензостойкие пакеты выполнены из материала с температурой плавления менее 200°С, например полиэтилена толщиной пленки (0,5-1,00 мм)»[36].

«С возникновением пламени на поверхности нефтепродукта и достижении температуры в верхней части резервуара порядка 200°С пакеты плавятся и тушащий материал просыпается на поверхность нефтепродукта, расплываясь по поверхности, гранулы тушащего материала гасят пламя, не давая развиться мощному горению. Мощность пламени более чем десятикратно снижается в сравнении пламенем без применения самотушения»[36].

Способ и устройство для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуаре

«Изобретение относится к области противопожарной техники и предлагает способ и устройство для тушения нефти и нефтепродуктов, горючих (ПК) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в резервуарах вертикальных стальных (РВС) и резервуарах вертикальных стальных с фиксированной крышей и понтоном (РВСП). Способ тушения нефти и нефтепродуктов в резервуаре состоит в том, что подачу вышеуказанной

огнетушащей смеси ведут из всплывающего на поверхность горячей жидкости поплавкового распылителя. Тушение пожара организуют в три этапа. Первый этап: устанавливают поплавок-распылитель, связанный трубопроводом через пускозапорное устройство с инжектором, под слой горючей жидкости на глубину не менее высоты распылителя или на поверхности указанной жидкости. Второй этап: после подачи сигнала от пожарного извещателя открывают пускозапорное устройство на инжекторе и ведут подачу вышеуказанной огнетушащей смеси через трубопровод и поплавок-распылитель под слой и/или на поверхность горючей жидкости компактными струями от центра к периферии параллельно горизонту. Третий этап: обеспечивают всплытие поплавкового распылителя над поверхностью горячей жидкости. Подачу огнетушащей смеси ведут с интенсивностью не менее  $0.15 \text{ кгс/м}^2 \text{ с}$  круговой разверткой струй. В устройстве-инжекторе для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуаре выпускной трубопровод с наружной стороны резервуара через шарнир и пускозапорное устройство соединен с инжектором»[37].

«С другой стороны выпускной трубопровод через шарнир-поплавок соединен с распылителем, выполненным с регулируемой плавучестью, обеспечивающей всплытие консоли «выпускной трубопровод-поплавок-распылитель» во время тушения и размещение распылителя над горячей поверхностью. Распылитель имеет не менее одного яруса сопловых отверстий, расположенных в горизонтальной плоскости с разверткой на  $360^\circ$ . Техническим результатом изобретения является обеспечение эффективного времени тушения, снижение удельного расхода металлоконструкции, устойчивость к взрыву паров нефти и нефтепродуктов»[37].

Область техники

Изобретение относится к области противопожарной техники и предлагает способ и устройство для тушения нефти и нефтепродуктов,

горючих (ГЖ) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в резервуарах вертикальных стальных (РВС) и резервуарах вертикальных стальных с фиксированной крышей и понтоном (РВСП).

Предшествующий уровень техники

Известен способ тушения горящих жидкостей, заключающийся в подаче в очаг пожара твердой двуокиси углерода в раздробленном виде с диаметром гранул 3-4 см. Гранулы подают под слой горячей жидкости компактными порциями (Авторское свидетельство СССР №1687266 от 30.10.91). К недостаткам способа тушения горящих жидкостей твердой двуокисью углерода относится затруднительная ее подача в горящий резервуар по сливо-наливным технологическим трубопроводам, большой расход на тушение очага (не менее  $0.7 \text{ кг/м}^3$ ) и ее хранение в изотермических резервуарах.

Способ тушения пожара нефти и нефтепродуктов в резервуарах с понтоном или плавающей крышей, подачей пены в основание резервуара

«Изобретение относится к области тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах, а также может использоваться для предотвращения образования гомотермического слоя нефти при длительном пожаре, который ведет к выбросу нефти из резервуара. Понтон или плавающая крыша имеют сквозные проемы, через которые, при частичном или полном затоплении понтона, пена поступает из пенного насадка, расположенного в центре основания резервуара, растекается на вторую половину закрытой снизу горячей поверхности нефтепродукта. Изобретение позволяет производить тушение резервуаров с понтоном и плавающей крышей подачей пены под слой горючего из пенного насадка, расположенного в центре основания резервуара. Эффективность предложенного способа более чем в два раза выше существующего способа тушения пожара системой подслоного тушения пожара в резервуаре с понтоном» [38]. На рисунке 15 изображена схема устройства.



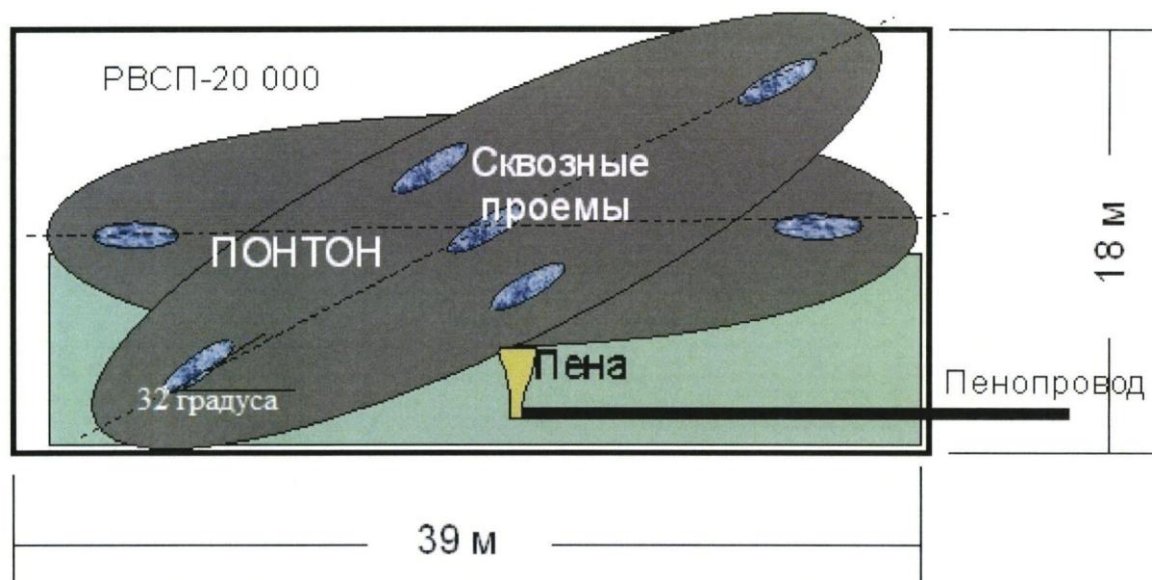


Рисунок 15 – Схема устройства

«Предлагаемое изобретение относится к области тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах, а также может использоваться для предотвращения образования гомотермического слоя нефти при длительном пожаре, который ведет к выбросу нефти из резервуара».

«Известны способы тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах подачей пены средней кратности (Способ тушения горючих жидкостей воздушно-механической пеной (Патент SU 1430033)) навесными струями сверху и (Способ тушения горючих жидкостей, не растворимых в воде [1] (Патент SU 1223926)) подачей пены низкой кратности в основание резервуара [2]. Способы тушения резервуаров с нефтью и нефтепродуктами подачей пены на горящую поверхность и под слой нефтепродукта подробно рассмотрены в нормативном документе: «Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках». Особенности тушения пожаров в резервуарах подслоинным способом» [38].

«Особое внимание к способу тушения пожара методом подачи пены в основание резервуара связано с низкой надежностью систем подачи пены сверху от генераторов пены, установленных на верхнем срезе

стенок резервуара, поскольку при взрыве паровоздушной смеси в резервуаре происходит нарушение целостности навесных конструкций и пена не попадает в резервуар»[38].

«Известны способы тушения пожара в резервуаре подачей пены в основание резервуара (способ подслоного пожаротушения в резервуаре (патент на изобретение № 2299084)), где пену предварительно помещают в герметичные эластичные мешки, которые периодически всплывают на поверхность и разрываются под действием пламени горячей жидкости» [38].

«Известен способ (Способ тушения горючих жидкостей в резервуаре и устройство для его осуществления (Патент SU 1597201)) тушения пожара в резервуаре, где пена подается из вертикальных стояков веерными струями. С целью повышения эффективности тушения и экономии расхода огнетушащего вещества путем позонного вращения. Пожаротушащее вещество подают на поверхность очага пожара через установку форсунок, которые располагаются не менее чем на 3 уровнях на неподвижной центральной трубе и обеспечивают позонное орошение горячей поверхности, причем на втором уровне расположены с разным углом распыла струи огнетушащей жидкости. Существующие системы тушения пожаров подачей пены в основание резервуара надежно защищают резервуары без понтонов и плавающей крыши. В таких резервуарах нет препятствий для выхода пены на горящую поверхность, при этом пена способна потушить пламя в закрытых сверху участках, образовавшихся, например, в результате обрушения стационарной крыши»[38].

«Существенным недостатком существующих способов - устройств для тушения пожаров подачей пены в основание резервуара является низкая ее эффективность при тушении пожаров в резервуарах с понтонами и плавающей крышей. При частичном затоплении понтона пена, которая подается снизу, скапливается в одной половине резервуара

и не растекается на другую, открытую сверху. Если навесные генераторы пены сорваны взрывом паровоздушной смеси, то потушить такой пожар практически невозможно. В этом случае потребуется большой перерасход пенообразователя»[38].

Способ подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах

«Изобретение касается способов тушения пожаров пеной, причем образование пены происходит на двух стадиях, первая в основании резервуара, при непосредственном контакте с нефтепродуктом, а вторая после подъема пены на горящую поверхность, от воздействия на пену теплового потока от факела пламени и от контакта с перегретыми металлическими стенками резервуара. Водный огнетушащий раствор, содержащий уксусную кислоту и сульфат алюминия, и/или сульфат железа, и/или хлорид аммония, подается в основание резервуара, в емкость, которая содержит диаммоний фосфат и/или нитрит натрия и бикарбонат натрия. Образование пены в основании резервуара в непосредственном контакте с нефтепродуктом позволяет резко увеличить интенсивность подачи пены на горящую поверхность. Система пожаротушения может быть перезаряжена путем последовательного наполнения внутренней емкости водными растворами снаружи резервуара, а также можно реализовать способ одновременной подачей компонентов в основание резервуара» [39].

«Изобретение относится к области противопожарной техники, в частности к способу тушения пожаров и противопожарной защиты объектов при пожаре, и направлено на повышение эффективности тушения пожара»[39].

«Известны способы подслоного тушения пожаров в резервуарах. Так, способ подслоного пожаротушения в резервуаре [1] предусматривает подачу пены в основание резервуара, но чтобы избежать контакта пены с нефтепродуктом пену подают через эластичный мешок,

который периодически отрывается от насадка и всплывает вверх над поверхностью горячей жидкости. Недостаток этого способа связан с тем, что из-за утраты эластичности мешки разрываются и не всплывают на поверхность, а пена смешивается с нефтепродуктом и утрачивает огнетушащую эффективность»[39].

«Другой способ [2] предусматривает подачу в нижнюю часть резервуара жидкого хладагента совместно с нефтепродуктом через установленные на дне резервуара форсунки»[39].

«Заполнение резервуара нефтепродуктом или нефтью по трубопроводу осуществляют одновременно с подачей жидкого хладагента, например диоксида углерода, или азота, или смеси инертных газов»[39].

«Существенным недостатком этого способа является низкая огнетушащая эффективность резервуаров диаметром более 3 м. Тушение достигается, если диаметр резервуара не превышает 3 м. Для больших резервуаров увеличение интенсивности подачи нейтрального газа выносит в зону горения горючее в виде дисперсии, поэтому пламя поднимается выше над резервуаром, но пожар не тушится»[39].

«В качестве прототипа к предлагаемому нами способу принят способ [3], при котором в резервуар подают отдельно раствор пенообразователя и воздух, причем раствор распыляют на струи воздуха, которые формируются в насадках»[39].

«Одновременно с подачей нейтрального газа через слой жидкости на зеркало жидкости подается распыленный пенообразующий раствор. По мнению авторов, всплывающие пузыри барботирующего газа, проходя через слой пенообразующего раствора, окружаются двойным адсорбционным слоем, образуя гидромеханическую ячеисто-пленочную пену высокой кратности. Получаемая пена обладает высокой устойчивостью вследствие того, что стекающая в межпузырьковых пленках жидкость подхватывается всплывающими пузырьками газа,

обеспечивая непрерывную возобновляемость пены, образующаяся пена обладает высокой однородностью геометрических характеристик, обусловленной стабильностью размеров пузырей»[39].

«Следовательно, в этом способе-устройстве основным огнетушащим средством является пена, которая получена барботированием воздуха через слой углеводорода»[39].

«Существенным недостатком этого способа является низкая огнетушащая эффективность тушения пожара, что связано с низкой скоростью образования пены. Увеличить интенсивность пенообразования возможно, но при увеличении расхода инертного газа происходит диспергирование углеводорода и вынос горючего над уровнем резервуара. В результате эффективность предложенного способа-прототипа ограничивается тушением пожаров в резервуарах малого диаметра, не более 3 м»[39].

«Для повышения огнетушащей эффективности, что определяется временем тушения пламени, нами предлагается способ с двойным образованием пены. Первая стадия - образование пены в емкости на дне резервуара и вторая - пенообразование после подъема пены, при воздействии теплового потока от факела пламени и при соприкосновении с разогретой металлической стенкой резервуара»[39].

«Способ тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах осуществляется путем подачи в основание резервуара огнетушащего вещества. В качестве огнетушащего вещества, которое подают в основание резервуара, применяется водный раствор уксусной кислоты и кислой соли многовалентного металла. При этом раствор подается в емкость внутри резервуара, под слоем горючей жидкости, которая содержит водный раствор газообразующих веществ. Они при смешении с кислым водным раствором выделяет, во всем объеме, высокодисперсный газ, включая двуокись углерода и азот, которые, проходя через водный раствор, образуют пену низкой кратности. Пена всплывает на горящую

поверхность нефтепродукта, вынося в пенных пленках компоненты, которые выделяют азот под действием теплового потока от факела пламени и в местах соприкосновения пены с нагретой поверхностью металлической стенки резервуара. Тушение пожара происходит путем покрытия всей поверхности горения за счет вторичного эффекта вспенивания»[39].

«С целью упрощения системы пожаротушения водные растворы кислой и щелочной природы могут подаваться в емкость внутри резервуара одновременно или последовательно, или смешиваться в линии трубопроводов до попадания в нефтепродукт»[39].

Обоснование концентрационных пределов компонентов предлагаемого состава.

Обоснование концентрационных пределов компонентов проводили измерением скорости, объема и устойчивости пены.

Исходя из вышеуказанных технических средств целесообразно применение гранулированного порошкового состава на очаг возникшего загорания.

«С возникновением пламени внутри резервуара и достижением температуры плавления пакетов, гранулированный тушащий материал просыпается на поверхность нефтепродукта и, расплываясь, тушит очаг возгорания» [24]. «Обеспечение самотушения резервуаром возгораний, недопущение развития мощности горения нефтепродукта и повышение эффективности пожаротушения, в результате чего снижается температурная радиация на окружающую среду» [24].

Для тушения возникшего загорания блока №3 - резервуарного парка светлых нефтепродуктов необходимо для ликвидации загорания на территории с общим количеством опасного вещества, находящегося в блоке одновременно 11598 тонн.

Объем тушащего материала, количество решетчатых кассет и объем тушащего материала в кассете рассчитываются по формулам

$$V_{TM}=(\pi d^2:4)\times T_{TM} \quad (3.1)$$

$$V_{TM}=(3,14\cdot 15,18^2:4)\times 0,05=9,04 \text{ м}^3$$

$$n_K=\pi d:l; \quad (3.2)$$

$$V_{TMK}=V_{TM}:n_K \quad (3.3)$$

$$n_K=3,14\cdot 15,18:l=48 \text{ кассет};$$

$$V_{TMK}=9,04:48=0,188 \text{ м}^3$$

где  $V_{TM}$  - объем тушащего материала;

$d$  - диаметр резервуара;

$T_{TM}$  - необходимый слой тушащего материала;

$l$  - ширина кассет, на практике она равна 1-2 м;

$V_{TMK}$  - объем тушащего материала в кассете;

$n_K$  - количество кассет.

Из приведенного расчета для проектирования автоматической системы гранулированного состава в блоке №3 одного резервуара РСВ-2000 необходимо 48 кассет с  $0,188 \text{ м}^3$  вещества в каждой кассете. Общее количество вещества  $9,04 \text{ м}^3$ . Гранулы с порошком закреплены верхней части стенки резервуара, высота 12 м, пакеты выполнены из легкоплавкого маслобензостойкого материала.

«Даже в случаях неполного тушения пламени и наличия отдельных мелких точек горения, ввиду резкого снижения температурной радиации на окружающую среду создаются безопасные условия для оперативного персонала мобильных средств пожаротушения. При необходимости, завершение тушения осуществленных включением автоматических систем пожаротушения или мобильными средствами с подачей пены в резервуарах. Срок службы материала кассет, пакетированного тушащего материала не менее срока службы резервуара» [25].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги настоящего исследования, необходимо отметить, что посредством статистических наблюдений одним из опасных производственных элементов технической системы, созданной человеком, считаются наземные резервуары с нефтепродуктом. Был рассмотрен в качестве объекта – резервуарный парк нефтепродуктов. Потенциально опасный объект, характеризующий самыми тяжелыми последствиями в случае пожара/загорания/розлива или взрыва. Выход нефтепродукта опасен протяженностью зоны поражения, количеством выбросом аварийно-химических опасных веществ в атмосферу, что представляется человеку не контролируемым процессом.

Согласно структуре и плану диссертационного исследования были решены задачи:

информационный обзор литературных источников и нормативно-технической документации относительно пожарной безопасности объектов нефтехимии;

обзор статистических данных о пожарах на объектах складирования, транспортировки и переработки нефтепродуктов;

выявление особенностей функционирования потенциально опасных объектов;

анализ и выбор пути направления, в обеспечении пожарной безопасности выбранного объекта;

предложения по разработке современных устройств противопожарной защиты.

Мероприятия по улучшению системы пожаротушения резервуарного парка:

1. Разработка организационного плана мероприятий, расписанного на год, включающего пути направления на повышение промышленной безопасности ООО «Форус» (контроль эксплуатации техники и оборудования, оснащение необходимым оборудованием, обеспечивающим безопасные условия труда;



своевременный ремонт, реконструкция здания; мероприятия по охране труда).

2.Разработка плана пожарно-технических мероприятий (контроль проверок органами надзорной деятельности; проведение совместных тренировок и учений согласно графику гарнизонных мероприятий ФГКУ «7 отряд ФПС по Самарской области»).

3.Контроль ведения документации по охране труда с практическим исполнением всех видов деятельности (первичный, вводный, повторный, внеплановый, целевой инструктаж; контроль знаний работниками парка).

4.Организация и составление квартальных планов по охране труда с записью в журналах, инструкциях, внутренним приказам и официальной переписке с органами власти и пожарного надзора.

5.Разработка плана функционирования технологического процесса в осенне-зимний период (утепление фасадов, корпусов, трубопроводов, проверка аварийных системы вентиляции, сливных трубопроводов)

6. Разработка плана мероприятий по обеспечению надежности элементов технологической схемы и безопасной работы оборудования (контроль выбросов в окружающую среду; паспорта безопасности на объект по помещениям; сертифицированная процедура вывоза и утилизации отходов)

7.Взаимодействие с пожарной охраной (подготовка к проверкам, предоставление справочных документов о деятельности организации, хранение плана тушения пожара со всеми подписями должностных лиц, своевременная замена внутренних приказов и инструкций)

8.Оснащение резервуарного парка дополнительными линиями телефонной и громкой связи с нанесением их местоположения на общее обозрение работникам

9.Периодическая зачистка резервуаров, ежегодно – для масел с присадками, каждые два года – для масел, бензина и топливного материала.

10.Регулярный осмотр оборудования (дыхательные клапаны, сливное оборудование, корпус резервуара, соединения, кабели и провода,

электропроводка оборудования, герметичность соединений) с незамедлительным восстановлением всех агрегатов и механизмов.

11. Проведение регулярного технического осмотра, ремонтных работ согласно срокам эксплуатации, техническим паспортам завода-изготовителя на оборудование

12. Запрет на ввод в эксплуатацию оборудования, дающего большие погрешности несоизмеримые с нормальными показателями рабочего процесса

Исходя из вышеуказанных технических средств целесообразно применение гранулированного порошкового состава на очаг возникшего загорания.

Из приведенного расчета для проектирования автоматической системы гранулированного состава в блоке №3 одного резервуара РСВ-2000 необходимо 48 кассет с  $0,188 \text{ м}^3$  вещества в каждой кассете. Общее количество вещества  $9,04 \text{ м}^3$ . Гранулы с порошком закреплены верхней части стенки резервуара, высота 12 м, пакеты выполнены из легкоплавкого маслобензостойкого материала.

«Даже в случаях неполного тушения пламени и наличия отдельных мелких точек горения, ввиду резкого снижения температурной радиации на окружающую среду создаются безопасные условия для оперативного персонала мобильных средств пожаротушения. При необходимости, завершение тушения осуществленных включением автоматических систем пожаротушения или мобильными средствами с подачей пены в резервуарах. Срок службы материала кассет, пакетированного тушащего материала не менее срока службы резервуара» [25].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бадагуев, Б.Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, инструкции, журналы, положения / [Текст] / Б.Т. Бадагуев. — М.: Альфа-Пресс, 2013. — 488 с.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федер. закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ // Гарант: информ.-правовое обеспечение. — Электрон.дан. — М., 2016. — URL: <http://base.garant.ru/12161584/>
3. Пасютина, О.В. Безопасность труда и пожарная безопасность при механической обработке металла на станках и линиях: Учебное пособие / [Текст] О.В. Пасютина. — Мн.: РИПО, 2012. — 108 с.
4. Собурь, С.В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: Учебно-справочное пособие / [Текст] С.В. Собурь. — М.: ПожКнига, 2012. — 480 с.
5. Смирнов, С.Н. Противопожарная безопасность / [Текст] С.Н. Смирнов. — М.: ДиС, 2010. — 144
6. Соломин, В.П. Пожарная безопасность: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / [Текст] Л.А. Михайлов, В.П. Соломин, О.Н. Русак; Под ред. Л.А. Михайлов. — М.: ИЦ Академия, 2013. — 224 с.
7. Федеральный закон от 22 июля 2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
8. Федеральный закон от 21 декабря 1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [Электронный ресурс]: руководящий документ (М: СКВ ТНА 1989) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. — Электрон. Дан. — М., 2016. — URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294846/4294846559.html>
9. Федеральный закон от 31 мая 2001 г. N 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» [Электронный ресурс]: руководящий документ (М: СКВ ТНА 1989) // Гарант: информ.-правовое

обеспечение. — Электрон. Дан. — М., 2016. – URL:  
<http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294846/4294846559.html>

10.ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний»;

11.ГОСТ Р 53281-2009 «Установки газового пожаротушения автоматические. Модули и батареи. Общие технические требования. Методы испытаний»;

12.ГОСТ Р 53284-2009 «Техника пожарная. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний»;

13.ГОСТ Р 53288-2009 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний»;

14.ГОСТ Р 53289-2009 «Установки водяного пожаротушения автоматические. Оросители спринклерные для подвесных потолков. Огневые испытания»;

15.ГОСТ Р 51844-2009 «Техника пожарная. Шкафы пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний»;

16.пат. 2 635 303 Российская Федерация, Резервуар для технологических операций с нефтью или нефтепродуктами с самотушением возгораний в резервуаре, патент на изобретение [Электронный ресурс]: авторское свидетельство / URL:

[http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS\\_Ru#152653659818017](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#152653659818017). СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности»;

18.СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий»;

19.СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;

20.СНиП 21-01-98. «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

21.СНиП 2.08.02-89\* «Общественные здания и сооружения»;

22.НПБ 110-03 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией»;

- 23.РД 78.145-93 «Системы и комплексы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Правила производства и приемки работ»;
- 24.СТА 25.03.009-04 «Средства охранной пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Общие технические требования и методы испытаний».
- 25.ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»
- 26.МДС 21-3.2001 «Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97\*»
- 27.«Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», утверждена приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382
- 28.Методические рекомендации «Организация работы судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по исследованию пожаров и экспертному сопровождению деятельности органов государственного пожарного надзора» - М., ВНИИПО МЧС России, 2009. – 18 с.
- 29.Осмотр места пожара: Методическое пособие / И.Д. Чешко, Н.В.Юн, В.Г. Плотников и др. – М., ВНИИПО, 2004. – 503 с.
- 30.Н.Г. Климушин «Былое и думы о противопожарном нормировании.» - Журнал «Пожарнаябезопасность в строительстве», № 3 2011 г.
- 31.Соколова А.Н., Чешко И.Д., Данилов С.Н., Тумановский А.А. «Применение оргтехники и программных средств при документировании места пожара и обработке полученной информации» - М.: ВНИИПО МЧС России, в печати. – 121 с.
- 32.Автоматизированный комплекс для пожарно-технических экспертов «Экспотех» / Программное средство. – СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2010.
- 33.СИТИС – Строительные информационные технологии и системы – URL: <http://www.sitis.ru>.
34. FDS User's guide - <http://www.bfrl.nist.gov/>

35. Overview of the CFAST fire model. -  
<http://www.bfrl.nist.gov/864/hazard/cfast.html>
36. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. – Теплопередача. Учебник для вузов, Изд. 3-е перераб. и доп. М., «Энергия», 1975. – 488 с.
37. пат.2 429 082 Российская Федерация, Способ и устройство для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуаре патент на изобретение [Электронный ресурс]: авторское свидетельство/URL:[http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS\\_Ru#1526536796157](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1526536796157)
38. пат.2 579 730, Российская Федерация Способ тушения пожара нефти и нефтепродуктов в резервуарах с понтоном или плавающей крышей, подачей пены в основание резервуара [Электронный ресурс]: авторское свидетельство/URL:[http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS\\_Ru#1526536939163](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1526536939163)
39. пат.2 595 973, Российская Федерация Способ подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах [Электронный ресурс]: авторское свидетельство/URL:[http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS\\_Ru#1526537092834](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1526537092834)
40. Evaluation en Vue de la Determination de la Grandeur des Compartiments Coupe-Feu. Note Explicative de Protection Incendie. (2007). VKF/AEAI, doc. 115—03f. [Текст] - 12 с;
41. Kaizer, J. (2005/2006). Experiences of the Gretener Method. Fire Safety Journal, 2, pp. [Текст] - 34 с;
42. Douglas, A.R. The politics of reforming social security. Political Science Quarterly, № 3, 213-241, [Текст] - 80 с- 2008;
43. Cluzel D., Sarrat P. Methode ERIC. Evaluation du Risque Incendie par le Calcul. In: Proc. CIB Symposium on Systems Approach to Fire Safety in Buildings, Vol. I, p. II/37 — II/58 [Текст] - 12 с-2009;
44. Bearak, B. India quake leaves legacy of chaos thousands vie for space on trains to flee a land of fear and misery. International Herald Tribune, [Текст] - 54 с-2001