

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Анализ пожарной безопасности резервуарных парков при  
проведении сливо-наливных работ и разработка инженерно-технических и  
организационных мероприятий»

Студент

О.М.Котова

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

Научный  
руководитель

Кандидат экономических наук, доцент А.Н. Суетин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

## Содержание

Введение.....	4
Термины и определения .....	10
Перечень сокращений и обозначений.....	12
1 Анализ пожарной безопасности резервуарных парков при проведении сливноналивных работ.....	13
1.1 Анализ пожаров в резервуарных парках при сливноналивных работах на территории Российской Федерации .....	13
1.2 Общая характеристика объекта .....	19
2 Теоретическое исследование процесса возникновения, ликвидации чрезвычайных ситуации и проектирование системы пожарной безопасности при сливноналивных работах.....	24
2.1 Теоретическое исследование процесса возникновения, ликвидации чрезвычайных ситуации при проведении сливноналивных работ на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть».....	24
2.2 Типовые чрезвычайные ситуации Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть» при сливо-наливных работах .....	28
2.3. Выбор наиболее эффективного метода тушения пожаров в резервуарном парке АО «Оренбургнефть» .....	32
3 Современные разработки инженерно-технических и организационных мероприятий повышения эффективности пожарной безопасности при сливноналивных работах .....	46
3.1 Разработка инженерно-технической и организационных мероприятий по пожарной безопасности направленных на повышение эффективности пожарной безопасности при проведении сливо-наливных работ.....	46
3.2 Практическое и экспериментальное исследование результатов внедрения разработанных инженерно-технической и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности пожарной безопасности .....	61

3.3 Экономическое обоснование разработанных решений.....	63
Заключение .....	73
Список используемых источников.....	76

## Введение

**Актуальность и научная значимость настоящего исследования** заключается в том, что защита объектов добычи, хранения, транспортировки и переработки нефти от пожаров, остается одной из самых сложных задач, актуальной и в наше время. Наибольшую пожарную опасность представляют резервуарные парки, где концентрируются большие массы горючих жидкостей на ограниченных территориях.

Пожар – это неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества и государства.

При возникновении пожара существует риск гибели или травмирования человека. Однако, чаще всего количество пострадавших, к сожалению, не ограничивается одним человеком. Как правило, риск гибели при пожаре связан с опасными факторами пожара, 71,2% которых, происходит из-за дыма.

Резервуарный парк – это комплекс взаимосвязанных резервуаров, которые обеспечивают равномерную загрузку магистральных трубопроводов, компенсируя при этом сезонные колебания в потреблении нефти. Кроме этого, строительство резервуарных парков обеспечивает необходимый запас нефтепродуктов и приводит к повышению надежности систем нефтеснабжения.

Резервуарные парки являются пожаровзрывоопасными объектами по ряду причин, связанных с хранением больших количеств легковоспламеняющихся горючих жидкостей и необходимостью строгого контроля за их поведением. Возможны различного рода утечки и разливы нефтепродуктов, выделение паров и образование взрывоопасных паровоздушных смесей. Также к причинам аварий на резервуарах можно отнести нарушение технологий производства, несоблюдение требований и правил противопожарного режима и другие.

На сегодняшний день в России насчитывается парк резервуаров для нефтепродуктов общей емкостью около 100 млн тонн. Из имеющихся на балансе предприятий нефтяной промышленности Российской Федерации резервуарных парков 80% находится в состоянии, требующем ремонта и технологического обслуживания различного уровня. Ежегодно увеличивается количество резервуаров, отработавших свой нормативный срок. При сложившейся ситуации ежегодно будет выбывать из технологического режима работ почти 10% резервуаров – при этом вероятность аварийных ситуации возрастает.

Возгорание одного резервуара может привести к мгновенному распространению пожара на другие объекты и охватить весь резервуарный парк в целом. Такое каскадное развитие пожара связано с тем, что пожары, возникающие на данных объектах, мгновенно захватывают большие территории, что обуславливает сложность их локализации и тушения. В результате возникает необходимость в разработке модернизированных средств пожаротушения, применения инновационных оборудования, позволяющего своевременно предотвращать развитие очага пожара.

Рассматривая существующие на сегодняшний день резервуары и способы их тушения различными огнетушащими веществами. Приводятся основные недостатки применяемых способов тушения пожаров на резервуарах и проблемные вопросы, с которыми сталкиваются участники тушения пожара.

Возможно, следует провести корректировку расстояний между резервуарами нефти и нефтепродуктов. Это позволит значительно уменьшить вероятность разрушения соседнего резервуара во время пожара и увеличить возможность подступа к РВС для тушения.

**Объект исследования:** процесс сливноналивных работ на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть».

**Предмет исследования:** разработка инженерно-технических и организационных мероприятий направленных на модернизация пожарной безопасности резервуарных парков при проведении сливноналивных работ.

**Цель исследования:** разработка инженерно-технических и организационных мероприятий пожарной безопасности при проведении сливноналивных работ в резервуарных парках.

**Гипотеза исследования** состоит в том, будет повышена безопасность работ на нефтяном промысле, при:

- внедрении современных инженерно-технической решений;
- применении инновационных технических систем пожаротушения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- провести анализ пожаров в резервуарных парках при сливноналивных работах на территории Российской Федерации;
- провести теоретическое исследование инженерно-технических и организационных мероприятий по снижению риска возникновения пожаров на резервуарных парках;
- выполнить разработку инженерно-технических и организационных мероприятий по пожарной безопасности при проведении сливноналивных работ на объекте Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть»;
- провести экономическое обоснование разработанных решений.

**Теоретико-методологическую основа исследования:** автор исследования обращался к отечественным и зарубежным литературным, правовым, нормативным источникам, материалам проведенных проверок в области пожарной безопасности, гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, материалам, научно-исследовательским работам различных институтов по исследуемой тематике, электронными базами данных, также

диссертант основывался на достаточно обширном практическом опыте работы.

**Базовыми для настоящего исследования явились:** принципы, изложенные в нормативных правовых актах, регламентирующих вопросы организации и осуществления контрольно-надзорной деятельности в области пожарной безопасности: федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля»; федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»; федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»; федеральный закон от 12.02.1998 № 28-ФЗ «О гражданской обороне», постановление Правительства Российской Федерации от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре», постановление Правительства Российской Федерации от 21.05.2007 № 305 «Об утверждении Положения о государственном надзоре в области гражданской обороны»; постановление Правительства Российской Федерации от 24.12.2015 № 1418 «О государственном надзоре в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», приказ МЧС России от 30.11.2016 № 644 «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности».

**Методы исследования:** теоретические методы (изучение нормативных правовых актов, сравнительный анализ, структурирование).

**Опытно-экспериментальная база** исследования выполнены на территории предприятия АО «Оренбургнефть» Покровская УПН ЦППН-1.

**Научная новизна исследования** заключается в обосновании целесообразности применения УОВИ для оснащения нефтерезвуаров с целью

последующего подслоного тушения пожаров и применение генератора пены огнетушащей воздушно-механической пены низкой кратности для подслоного тушения «Атлант-б».

**Теоретическая значимость исследования** заключается в получении комплексного подхода к ликвидации пожаров на транспортных переходах. Проведенное исследование вносит вклад в стратегию, тактику и технологию работ пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров на мосту ручными средствами подачи огнетушащих веществ.

**Практическая значимость исследования** заключается в получении в результате исследования инженерно-технических и организационных мероприятий по пожарной безопасности направленных на повышение эффективности пожарной безопасности при проведении сливо-наливных работ исследуемого объекта.

**Достоверность и обоснованность результатов исследования** обеспечивались корректным применением методов исследования, оценки, испытания, обзора и математической статистики и др., а также результатами практического внедрения.

**Личное участие автора** в разработке инженерно-технических и организационных мероприятий по пожарной безопасности при проведении сливоналивных операций на Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть».

**Апробация и внедрение результатов работы** велись в течение всего исследования. Его результаты опубликованы в научной статье в 95 выпуске журнала «Точная наука» от 18.01.2020 года «Анализ пожарной безопасности резервуарных парков при проведении сливоналивных работ и разработка инженерно-технических и организационных мероприятий».

**На защиту выносятся:** результаты анализа пожарной безопасности при проведении сливоналивных операций на Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть», результаты анализа исследования процесса ликвидации чрезвычайных ситуации и выбор наиболее эффективного метода тушения пожара на исследуемом объекте, разработанные инженерно-технические и



организационные мероприятия по пожарной безопасности при проведении сливноналивных операций на Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть».

**Структура магистерской диссертации.** Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 5 рисунков, 4 таблиц, список использованной литературы (32 источника). Основной текст работы изложен на 80 страницах.

## Термины и определения

Авария – «разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ» [13].

Безопасность – «отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью причинения вреда и (или) нанесения ущерба;

Законодательные требования – требования, содержащиеся в законах и нормативных правовых актах (документах) РФ» [13].

Концентрат пены – «этот жидкий концентрат поставляется от производителя, который при смешивании с водой в правильной пропорции образует раствор пены» [26].

Противопожарное состояние объекта – «состояние объекта, характеризующее число пожаров и ущербом от них, числом загораний, а также травм, отравлений и погибших людей, уровнем реализации требований пожарной безопасности, уровнем боеготовности пожарных подразделений и добровольных формирований, а также противопожарной агитации и пропаганды» [13].

Пеновый раствор – «это раствор воды и пенообразователя после их смешивания в правильных пропорциях» [26].

Резервуар стальной вертикальный цилиндрический (РВС) – «наземное строительное сооружение, предназначенное для приема, хранения и выдачи жидкости» [13].

Резервуарный парк – «группа резервуаров, предназначенных для приема, хранения и отпуска нефтепродуктов, и размещенных на территории, ограниченной по периметру обвалованием или ограждающей стенкой при наземных резервуарах и дорогами или противопожарными проездами – при подземных (заглубленных в грунт или полузаглубленных) резервуарах и резервуарах, установленных в котлованах или выемках» [13].

Система автоматического водяного орошения – «стационарная система водяного орошения со средствами автоматики пожарной сигнализации, установленными на резервуарах и в зданиях» [13].

Система противопожарной защиты – «совокупность организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него» [13].

Скорость слива – «это скорость, с которой раствор пены будет стекать из вспененной массы, или сколько времени потребуется 25% раствора для стекания с пены» [26].

Скорость расширения – «объем готовой пены, деленный на объем раствора пены, использованного для создания готовой пены» [26].

Температура вспышки нефти (нефтепродукта) – «минимальная температура жидкости, при которой происходит воспламенение ее паров при испытании в закрытом тигле» [13].

Требования промышленной безопасности – «требования промышленной безопасности – условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, а также в нормативных технических документах, которые принимаются в установленном порядке и соблюдение которых обеспечивает промышленную безопасность» [13].

Управление в области пожарной безопасности – «деятельность органов, участвующих в соответствии с законодательством Российской Федерации в обеспечении пожарной безопасности» [13].

Эстакада – «надземное (надводное) открытое протяженное сооружение, состоящее из ряда опор и пролетного строения и предназначенное для пропуска транспортных средств (пешеходного движения), прокладки различных коммуникаций, для погрузочно-разгрузочных и других видов работ» [13].

## Перечень сокращений и обозначений

В данной работе применяются следующие сокращения и обозначения:

АУП – автоматическая установка пожаротушения;

ГЖ – научно-исследовательская работа;

ГК – газокompрессорная станция;

ИТР – инженерно-технические работники;

НИР – научно-исследовательская работа;

ОТ – охрана труда;

ПБ – пожарная безопасность;

ППР – Правила противопожарного режима;

РВС – резервуар вертикальный стальной;

СПТ – станция пенного тушения;

ТГУ – Тольяттинский государственный университет;

ТСП – товарно-сырьевой парк;

УПБ и АСР – управление пожарной безопасностью и аварийно-спасательные работы;

УПН – установка подготовки нефти;

ЦППН – цех подготовки и перекачки нефти.

# **1 Анализ пожарной безопасности резервуарных парков при проведении сливноналивных работ**

## **1.1 Анализ пожаров в резервуарных парках при сливноналивных работах на территории Российской Федерации**

Защита объектов добычи, хранения, транспортировки и переработки нефти от пожаров, остается одной из самых сложных задач, актуальной и в наше время. Наибольшую пожарную опасность представляют резервуарные парки, где концентрируются большие массы горючих жидкостей на ограниченных территориях.

Пожар – это неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества и государства [25].

При возникновении пожара существует риск гибели или травмирования человека. Однако, чаще всего количество пострадавших, к сожалению, не ограничивается одним человеком. Как правило, риск гибели при пожаре связан с опасными факторами пожара, 71,2% которых, происходит из-за дыма.

«Резервуарный парк – это комплекс взаимосвязанных резервуаров, которые обеспечивают равномерную загрузку магистральных трубопроводов, компенсируя при этом сезонные колебания в потреблении нефти [2]. Кроме этого, строительство резервуарных парков обеспечивает необходимый запас нефтепродуктов и приводит к повышению надежности систем нефтеснабжения» [10].

«Резервуарные парки являются пожаровзрывоопасными объектами по ряду причин, связанных с хранением больших количеств легковоспламеняющихся горючих жидкостей и необходимостью строгого контроля за их поведением. Возможны различного рода утечки и разливы нефтепродуктов, выделение паров и образование взрывоопасных

паровоздушных смесей. Также к причинам аварий на резервуарах можно отнести нарушение технологий производства, несоблюдение требований и правил противопожарного режима и другие» [10].

«На сегодняшний день в России насчитывается парк резервуаров для нефтепродуктов общей емкостью около 100 млн тонн. Из имеющихся на балансе предприятий нефтяной промышленности Российской Федерации резервуарных парков 80% находится в состоянии, требующем ремонта и технологического обслуживания различного уровня. Ежегодно увеличивается количество резервуаров, отработавших свой нормативный срок. При сложившейся ситуации ежегодно будет выбывать из технологического режима работ почти 10% резервуаров – при этом вероятность аварийных ситуации возрастает» [10].

«Возгорание одного резервуара может привести к мгновенному распространению пожара на другие объекты и охватить весь резервуарный парк в целом. Такое каскадное развитие пожара связано с тем, что пожары, возникающие на данных объектах, мгновенно захватывают большие территории, что обуславливает сложность их локализации и тушения. В результате возникает необходимость в разработке модернизированных средств пожаротушения, применения инновационных оборудования, позволяющего своевременно предотвращать развитие очага пожара» [10].

«Рассматривая существующие на сегодняшний день резервуары и способы их тушения различными огнетушащими веществами. Приводятся основные недостатки применяемых способов тушения пожаров на резервуарах и проблемные вопросы, с которыми сталкиваются участники тушения пожара» [10].

«Анализ функционирования систем пожаротушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках, проводимые ранее во ВНИИПО не выявили ни одной успешной сработки пенных систем пожаротушения, а в отдельных случаях стационарно установленные пенные камеры способствовали дальнейшему развитию пожара» [10].

Самыми крупными пожарами остаются пожары, происходящие в резервуарах, которые входят в технологические схемы предприятий, связанных с добычей, транспортировкой, переработкой и хранением углеводородных продуктов, в первую очередь это связано с принципом «домино».

На рисунке 1 приведена диаграмма распределения пожаров на наземных резервуарах РВС за последние 20 лет.

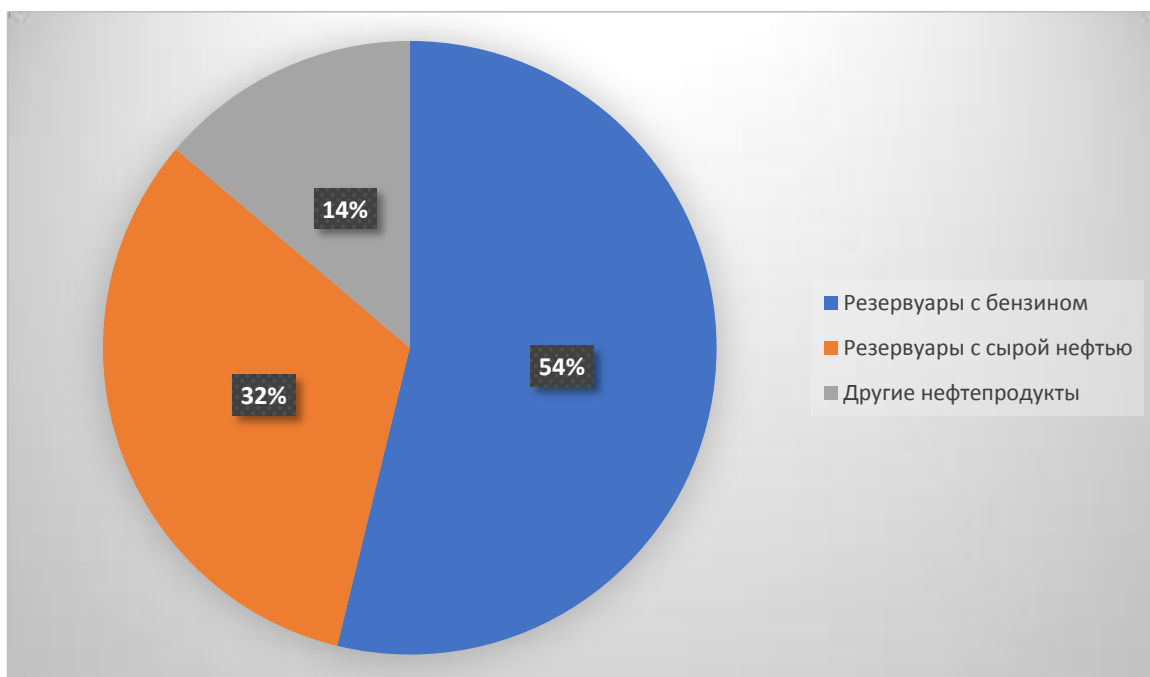


Рисунок 1 – Диаграмма распределения пожаров на наземных резервуарах РВС за последние 20 лет

«Наиболее опасными считается наземное хранение углеводородов. На наземных резервуарах типа РВС в России за 20 лет произошло 93,3% пожаров и аварий. По виду хранимых продуктов пожары распределяются следующим образом:

- 53,8% – на резервуарах с бензином;
- 32,4% резервуары с сырой нефтью;
- 13,8% – на резервуарах с другими нефтепродуктами» [19].

«Чаще всего пожары на резервуарах происходили на распределительных нефтебазах – 48,3%, резервуары на НПЗ – 27,7%, на нефтепромыслах – 14%, на резервуарах нефтепроводов – 10%» [19].

«В России средняя частота пожаров с серьезными последствиями, по отраслям нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности составила 12 пожаров в год. Наиболее опасными для возникновения пожара является весенне-летний период, на долю которого приходится около 73 % от общего числа пожаров. Вместе с тем установлено, что наиболее интенсивно пожарные подразделения работают в зимний период. Средняя продолжительность тушения пожаров в резервуарах в зимнее время составляет 8,5 часов (при температуре ниже -25 0С – 10 часов), в весеннее и осеннее время – 6,6 часа, в летнее время – 5,5 часа. Большинство пожаров, происшедших зимой, носило затяжной характер и требовало сосредоточения значительного количества сил и средств» [19].

«Пожары на объектах нефтегазового комплекса характеризуются причинением значительного экологического ущерба связанного с попаданием в окружающую среду большого количества токсичных продуктов горения, огнетушащих средств, мощным тепловым излучением. При горении нефть и нефтепродукты образуют углекислый газ окись углерода, сернистый газ, азот, полиароматические углеводороды, альдегиды, сажу и другие соединения. Их содержание в продуктах горения тем выше, чем выше плотность нефтепродукта» [19].

Обзор пожаров, происшедших в период с 1970 г по настоящее время на территории России позволил выявить ряд основных причин, способствующих возникновению пожаров в резервуарах и резервуарных парках.

Рассмотрим классификацию пожаров, предлагаемую. ВНИИПО [19].

Пожары на нормально работающих резервуарах (без нарушения технологических регламентов).



«Пожары от атмосферного электричества, которые подразделяются в свою очередь на пожары, возникающие от ударов молний в резервуары и пожары, возникающие от вторичных проявлений атмосферного электричества (накопление в воздухе заряда статического электричества, с последующим возникновением искр)» [19].

«Пожары от самовозгорания пирофорных отложений. Самовозгорание пирофорных отложений (сульфидов железа) является характерным внутренним источником зажигания для резервуаров с высокосернистыми нефтями и бензиновыми фракциями. Случаи самовозгорания пирофоров в резервуарах происходили обычно днем, при солнечной погоде, при наличии сквозных отверстий от коррозии в крыше и стенах резервуара, при длительной эксплуатации резервуаров без очистки, а также после откачки продуктов из резервуара» [19].

«Пожары, возникающие при отборе проб. При проверке уровня продукта в резервуаре наиболее вероятно образование искр при ударах замерных приспособлений о корпус резервуара, возможно возникновение искр от разряда статического электричества, накопленного на поверхности нефтепродукта при соприкосновении с пробоотборником персоналом в одежде из синтетических тканей. Как правило, начинаются со взрыва в газовом пространстве резервуара и нередко сопровождаются гибелью или травмированием людей, выполняющих работу на крыше резервуара» [19].

«Пожары от создания локальных зон с взрывоопасной концентрацией на территории резервуарных парков. Повышенная загазованность воздуха парами горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, горючими газами на территории резервуарных парков может возникать в следующих случаях: при закачке в резервуары нефтепродуктов недостаточно сепарированных от газов, при заполнении резервуаров нефтью и нефтепродуктами, при перекачке из резервуаров нефтепродуктов, имеющих высокую упругость паров. Источниками зажигания при этом могут являться автомобили,двигающиеся по территории резервуарных парков, технологические огневые

нагреватели, открытые технологические установки с повышенной температурой, факелы для сжигания сбросных газов, искры от электрооборудования, открытый огонь, курение» [19].

Пожары на резервуарах при их очистке (подготовке) к ремонтным работам.

«Значительная часть пожаров и взрывов на резервуарах происходит при их подготовке к проведению ремонтных работ, здесь проявляются следующие факторы повышенной пожарной опасности: оборудование выводят из нормального режима работы, оборудование вскрывается, создаются условия для свободного проникновения окислителя и его контакта с горючим, что способствует образованию горючей паровоздушной среды как внутри так и снаружи резервуаров. Существенные трудности создает удаление «мертвого» остатка со дна резервуара. Обычно его удаляют с помощью передвижных насосных агрегатов через вскрытые люки-лазы. Источниками зажигания при проведении таких работ могут быть фрикционные искры от ударов ремонтного инструмента о корпус резервуара, искры от электрооборудования, расположенного близко к резервуару, нагретые поверхности соседних технологических установок, выхлопные газы от используемой для откачки техники» [19].

«Пожары при проведении ремонтных и огневых работ. Примерно 35 % зарегистрированных пожаров происходит при подготовке и проведении ремонтных работ. В процессе ремонта появляются дополнительные технологические источники зажигания, связанные с проведением резательных, сварочных, огневых, взрывных и других работ, связанных с применением открытого пламени; наличие капель расплавленного металла или мощных беспламенных источников тепла, возникающих при работе механического инструмента» [19].

«А именно:

– на предварительно очищенных резервуарах;

- без предварительной очистки (подготовки) резервуаров. Все пожары этой группы формально являются следствием нарушения норм и правил, запрещающих проведение ремонтных работ на резервуарах без их предварительной подготовки» [19].

Таким образом, анализ пожаров на предприятиях нефтехимической промышленности показывает, что все они имеют существенную особенность: причина этих пожаров, как правило, целая совокупность обстоятельств, каждое из которых само по себе не могло инициировать крупный пожар, и только их сочетание приводит к серьезным последствиям.

## **1.2 Общая характеристика объекта**

Наименование объекта – Установка подготовки нефти «Покровская» (УПН «Покровская»).

Покровская УПН расположена в Грачевском районе Оренбургской области.

Установка построена в соответствии с проектом института «Гипровостокнефть» и введена в эксплуатацию в 1972 году.

Покровская установка подготовки нефти (УПН) предназначена для получения:

- обезвоженной, обессоленной и стабильной нефти 1 группы качества;
- газа 1, II и термической степени сепарации, направляемого в качестве сырья на Покровскую газокomppressorную станцию (ГКС);
- очищенной и дегазированной пластовой сточной воды, используемой в системе заводнения Покровского месторождения.

УПН «Покровская» входит в состав ЦППН-1 ПАО «Оренбургнефть».

Процесс подготовки нефти на Покровской УПН осуществляется в несколько ступеней:

1. Сепарация и предварительное обезвоживание.

2. Полная (нулевая) сепарация.
3. Нагрев.
4. Глубокое (термохимическое) обезвоживание.
5. Обессоливание.
6. Отдувка легких фракций и частичное удаление сероводорода.

Текущая производительность установки за 2019 год составила:

- по товарной нефти – 7 млн. 913,343 тыс. тонн / год;
- по жидкости – 12 млн. 439,8 тыс. тонн / год;
- по воде – 4 млн. 526, 6 тыс. тонн / год;
- по газу 85 млн. м<sup>3</sup> / год.

Резервуарный парк УПН состоит из 8 резервуаров объемом 5000 м<sup>3</sup> каждый, площадки расширения товарного парка на четыре резервуара РВС 5000 №№ 9,10,11,12.

В резервуарах РВС-1 ÷ 4 хранится товарная нефть, в РВС-5 ÷ 7 – сырая нефть. Резервуары РВС-5 ÷ 7 обвязаны для возможного хранения как сырой, так и товарной нефти. В резервуарах РВС-9 ÷ 12 может храниться как товарная, так и сырая нефть.

В случае накопления нефтяной эмульсии в резервуарах хранения сырой нефти предусмотрена возможность удаления ее из резервуаров с помощью насоса Н-1/9 для последующей переработки на УПН или блоке обработки ловушечной нефти. Постоянство расхода нефтяной эмульсии, поступающей на переработку обеспечивается регулирующим клапаном размещенном на байпасе насоса Н-1/9.

«Резервуары предназначены для приемки, хранения, отпуска, учета нефти и нефтепродуктов и являются ответственными инженерными конструкциями. Металлические резервуары относятся к числу ответственных сварных конструкций, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях. Наличие в резервуарах жестких сварных соединений и снижение пластических свойств металла при отрицательных температурах вызывает значительные внутренние напряжения и создает условия, исключаящие

возможность их перераспределения. Эти и ряд других причин, таких как, неравномерные осадки, коррозия снижают эксплуатационную надежность резервуара, иногда приводят к его разрушению. Проблема надежности и работоспособности оборудования и сооружений объектов магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов очень важна в отрасли транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. Чем более надежно оборудование и меньше его отказов, тем меньше простоев в работе транспорта нефти и нефтепродуктов, аварий с его разливом и других вредных для предприятия и окружающей среды последствий» [21].

«Для поддержания резервуаров в технически исправном состоянии проводят планово-предупредительный ремонт, который предусматривает осмотровый, текущий и капитальный ремонты самого резервуара и всего резервуарного оборудования. Осмотровый и текущий ремонт резервуаров Осмотровый ремонт резервуаров необходимо проводить не реже 1 раза в 6 месяцев. Для осмотрового ремонта резервуара не требуется его освобождение от хранимого продукта, поскольку оценивается состояние стенки, крыши и наружного резервуарного оборудования по результатам внешнего осмотра и измерений. Текущий ремонт резервуаров производят не реже 1 раза в 2 года» [19].

«При капитальном ремонте резервуара проводятся следующие работы:

- откачка хранимого продукта; – зачистка и дегазация резервуара;
- очистка резервуара от коррозии внутри и снаружи;
- оценка технического состояния металлоконструкций стенки, днища и кровли резервуара;
- устранение раковин коррозии и возникших отверстий;
- оценка состояния сварных соединений;
- осмотр и ремонт (замену) навесного технологического оборудования;
- замена дефектных элементов металлоконструкций резервуара;

- исправление положения резервуара при превышении нормативных показателей осадки;
- ремонт основания резервуара;
- испытание резервуара на прочность» [19].

Все виды ремонта должны выполняться в соответствии с графиком планово-предупредительного ремонта (ППР), график согласовывается Главным механиком и утверждается Главным инженером предприятия.

Пожароопасность обусловлена наличием в производстве горючих газов, горючих жидкостей (нефть, выделяющийся из нефти газ), горючих материалов, (электрические кабели, смазочные масла и промасленные материалы).

Основными условиями обеспечения безопасности технологического процесса на УПН «Покровская» являются достаточная квалификация работающего персонала, повышенная внимательность, строгое соблюдение норм технологического режима, обусловленного настоящим технологическим регламентом, правил промышленной безопасности, пожарной безопасности, соблюдение производственной дисциплины, надлежащее содержание рабочих мест, а также соблюдение графика планово-предупредительных ремонтов, осмотров и испытаний оборудования.

Резервуар следует заполнять до уровня не более:

- 10 м – зимой при температуре наружного воздуха ниже минус 40оС;
- 11, 4 – в остальных случаях.

Необходимо постоянно контролировать состояние оборудования и обвалования резервуара.

При неисправных дыхательных клапанах заполнять и опорожнять резервуары не разрешается.

Резервуары надо заполнять и опорожнять с производительностью, не превышающей пропускной способности дыхательных клапанов.

Крышки колодцев задвижек должны быть закрыты, колодцы должны быть сухими и доступны для безопасной эксплуатации в любое время суток.

Территория УПН «Покровская» и отдельных ее установок и сооружений должна быть освещена согласно нормам промышленной безопасности и пожарной безопасности.

#### Выводы по разделу 1

В первом разделе рассматривались вопросы пожарной безопасности резервуарных парков при проведении сливноналивных работ.

Был осуществлен анализ пожаров в резервуарных парках при сливноналивных работах на территории Российской Федерации. Наиболее опасными считается наземное хранение углеводородов. На наземных резервуарах типа РВС в России за 20 лет произошло 93,3% пожаров и аварий.

Так же в разделе представлена общая характеристика объекта исследования.

Покровская ГТУ Покровского нефтяного месторождения расположена на территории Грачевского административного района Оренбургской области, в 200 км к северо-западу от г. Оренбург и в 15 км к юго-востоку от райцентра Грачевка.

Ближайшие населенные пункты от площадки – Покровка (3,5 км к юго-востоку) и около 4 км к западу от Старояшкино.

Проект включает в себя производственную зону, установку комплексной подготовки газа, складскую территорию, зону вспомогательного производства техпроцесса, объект электроснабжения, объект водоснабжения, теплоснабжения и канализации, ремонтно-эксплуатационный комплекс, территорию культурно-бытового центра.

Также осуществлен подбор и анализ литературных источников для теоретического и практического исследования по теме диссертации, составлена предварительная структура магистерской диссертации, определены разделы магистерской диссертации.

## **2 Теоретическое исследование процесса возникновения, ликвидации чрезвычайных ситуаций и проектирование системы пожарной безопасности при сливноналивных работах**

### **2.1 Теоретическое исследование процесса возникновения, ликвидации чрезвычайных ситуаций при проведении сливноналивных работ на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть»**

Рассмотрим процесс возникновения, ликвидации чрезвычайных ситуаций при проведении сливноналивных работ на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть».

С самой общей точки зрения, для рассматриваемых нами объектов вполне применимы положения, сформулированные ФГБУ ВНИИПО [28]:

«Наиболее вероятными событиями, которые могут являться причинами пожароопасных ситуаций на объектах, считаются следующие:

- выход параметров технологических процессов за критические значения, который вызван нарушением технологического регламента (например, перелив жидкости при сливноналивных операциях, разрушение оборудования вследствие превышения давления по технологическим причинам, появление источников зажигания в местах образования горючих газопаровоздушных смесей);
- разгерметизация технологического оборудования, вызванная механическим (влияние повышенного или пониженного давления, динамических нагрузок и т. п.), температурным (влияние повышенных или пониженных температур) и агрессивным химическим (влияние кислородной, сероводородной, электрохимической и биохимической коррозии) воздействиями;



- механическое повреждение оборудования в результате ошибок работника, падения предметов, некачественного проведения ремонтных и регламентных работ и т. п. (например, разгерметизация оборудования или выход из строя элементов его защиты в результате повреждения при ремонте или столкновения с железнодорожным или автомобильным транспортом)» [18].

«Объектам нефтегазового производства, в том числе складам нефти и нефтепродуктов, присущ ряд специфических признаков, которые указывают на возможность возникновения опасных событий, сопровождающихся взрывами с разрушениями и гибелью людей:

- даже при эксплуатации при обычной обстановке повышенная пожароопасность за счет значительных выбросов паров;
- близкое совместное расположение различных типов источников повышенной опасности; при распределении по большой площади;
- большая скорость распространения аварийной ситуации, потенциал быстрой миграции огня и взрывов во всех направлениях; большая разрушительная способность» [18].

Существуют различные типы резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. Цистерны характеризуются типом крыши: несъемная крыша; внутренняя (крытая) плавающая крыша; открытая (внешняя) плавающая крыша; и куполообразная внешняя плавающая крыша. Тип резервуара для хранения, используемого для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, зависит от физических характеристик хранимого продукта и местоположения резервуара (например, резервуарный парк или автозаправочная станция) [24].

Горючие жидкости обычно хранятся в больших резервуарах с конической крышей, меньших вертикальных или горизонтальных резервуарах низкого давления или подземных резервуарах. Легковоспламеняющиеся жидкости обычно хранятся в резервуарах с открытым верхом или с внутренней плавающей крышей в больших

количествах, в небольших вертикальных или горизонтальных резервуарах низкого давления или в подземных резервуарах [22].

Существуют определенные связанные пожарные опасности, общие для различных типов резервуаров. Эти опасности различаются по степени серьезности: от простого пожара в вентиляционном канале до возгорания резервуара с полной жидкостью.

«Наиболее частые из этих инцидентов включают пожар из-за переполнения резервуара, пожар в вентиляционном отверстии, пожар с уплотнением кромки, загоравшийся пожар на всей поверхности жидкости и беспрепятственный пожар на всей поверхности жидкости» [21].

Пожары из-за переполнения грунта или пожары на дамбах возникают в результате утечки из трубопроводов или резервуаров. Часто они являются результатом другой причины, такой как ошибка оператора или неисправность оборудования, и считаются наименее серьезным типом инцидента. Если утечка происходит без возгорания, будьте осторожны и изолируйте все источники возгорания. Если возгорание все же произошло, просто относитесь к такому пожару как к большой лужи.

Пожары из-за переполнения типичны для резервуаров с фиксированной конической крышей, внутренней плавающей крыши, внешней плавающей крыши и резервуаров с куполообразной крышей.

Вентиляционные пожары обычно связаны с резервуарами с фиксированной крышей, такими как резервуары с конической или внутренней плавающей крышей. Основная причина – удар молнии, вызывающий воспламенение летучих паров, которые могут присутствовать в вентиляционном отверстии. Это менее серьезный тип пожара, и его обычно можно потушить с помощью сухого химического огнетушителя или путем снижения давления в резервуаре.

Пожары с уплотнением по краю составляют подавляющее большинство пожаров в резервуарах с внешней плавающей крышей, но могут возникать в резервуарах с внутренней плавающей крышей или резервуарах с

куполообразной крышей. Как и во многих случаях возгорания резервуаров, молния является основной причиной возгорания, хотя в резервуарах с плавающей крышей может возникнуть индуцированный электрический заряд без прямого попадания молнии. Поскольку эти пожары являются наиболее распространенными, вероятность успешного тушения обычно высока, если предположить, что нет сопутствующего ущерба, такого как выход из строя понтона (взрыв) или проседание плавающей крыши в результате усилий по тушению пожара. Успешное тушение пожара с уплотнением по краю можно в основном отнести к установке систем противопожарной защиты с уплотнением по краю, таких как пенные камеры [23].

Эти полу- или полностью фиксированные системы противопожарной защиты с ободным уплотнением имеют хорошую историю тушения при условии надлежащего проектирования, установки и обслуживания.

Возгорание краевого уплотнения для резервуаров с внутренней плавающей крышей является несколько более сложной задачей, особенно если не предусмотрены полу- или полностью фиксированные системы. Это означает, что единственный доступ к зоне пожара для применения средств пожаротушения – через вентиляционные отверстия или крышки доступа.

Препятствие возгоранию на поверхности жидкости. Затрудненные пожары с полной жидкой поверхностью могут возникать в резервуарах с неподвижным конусом, внутренней плавающей крыше или внешней плавающей крыше. Они, как правило, являются сложными, потому что крыша или поддон блокируют доступ к горячей поверхности. Крыша или поддон могут просесть по разным причинам, например, из-за увеличения давления пара под внутренней плавающей крышей, что может привести к наклону поддона. Отказ понтона внешних плавающих крыш обычно вызван закрытыми сливными клапанами во время дождя или поломкой механического уплотнения, в результате чего поддон опускается.

Беспрепятственное возгорание всей поверхности жидкости. Беспрепятственные пожары, полностью покрытые жидкостью, относительно

легко потушить, если диаметр резервуара относительно невелик (менее 150 метров) и имеются достаточные ресурсы и обученный персонал. Самые серьезные пожары будут связаны с более крупными резервуарами (более 150 метров в диаметре) из-за площади поверхности огня и количества ресурсов, необходимых для контроля и тушения пожара.

Беспрепятственные пожары на всей поверхности могут возникать в резервуарах с фиксированной крышей без внутренних крыш, когда хрупкий слабый шов в стыке крыши и оболочки отделяется в результате взрыва или другого события избыточного давления, оставляя резервуар полной поверхности. Резервуары с внешней плавающей крышей также подвержены беспрепятственному возгоранию всей поверхности во время сильного дождя. При закрытых водостоках крыша может быстро просесть, оставляя незащищенную поверхность жидкости уязвимой для удара молнии.

## **2.2 Типовые чрезвычайные ситуации Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть» при сливо-наливных работах**

Рассмотрим типовые чрезвычайные ситуации Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть» при сливо-наливных работах.

В целом аварии на резервуарах нефти и нефтепродуктов могут быть вызваны множеством причин.

Основными причинами пожаров и взрывов послужили

- воспламенение смеси паров нефтепродукта с воздухом от источников зажигания различной природы 78,28 %;
- самовоспламенение паровоздушной смеси 2,1%;
- самовозгорание пиррофорных отложений 3,6 %;
- ремонтные, очистные, сварочные работы 15,02 %;
- неустановленные причины 3 % [2].

На рисунке 2 представлено распределение статистики по причинам возникновения пожаров и взрывов при проведении сливноналивных работ на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть».

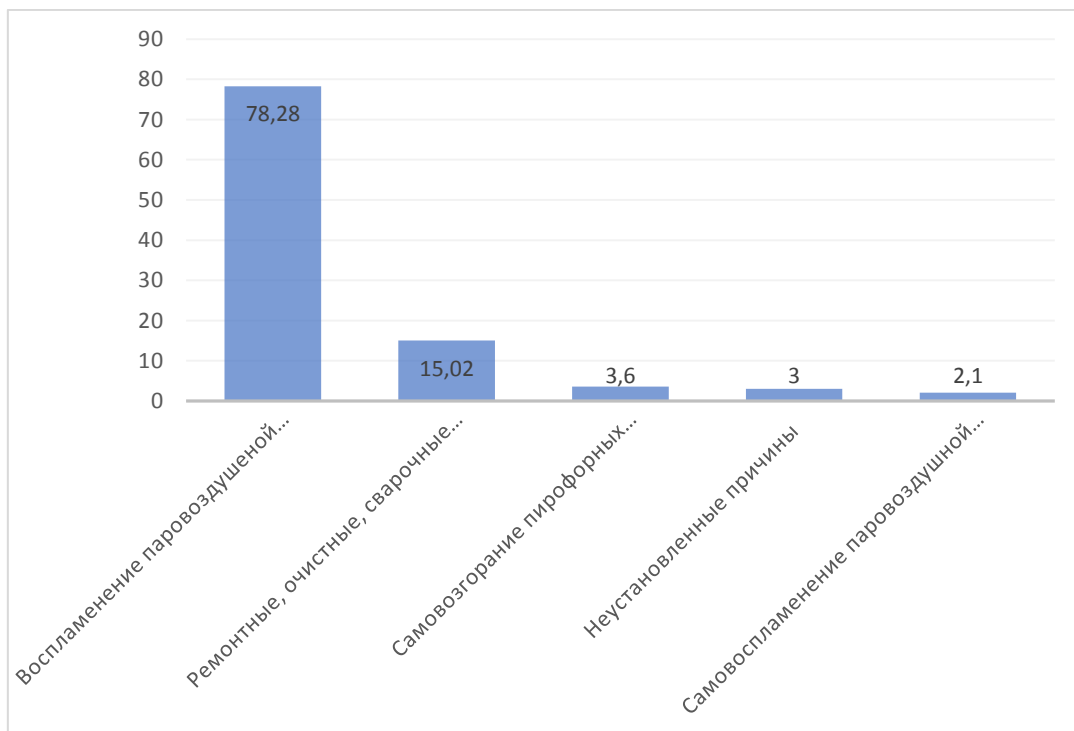


Рисунок 2 – распределение статистики по причинам возникновения пожаров и взрывов при проведении сливноналивных работ на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть»

«ФГБУ ВНИИПО [19] приводит типовую схему возникновения пожара в резервуарном парке:

- в результате нарушения герметичности арматуры или оборудования происходит истечение горючих продуктов в окружающее пространство;
- вышедшие горючие продукты либо воспламеняются, либо создают обширную зону газопаровоздушной смеси с взрывоопасной концентрацией горючего;
- факторы возникшего пожара (взрыва) интенсивно воздействуют на аппарат или трубопровод, из которого происходит истечение, а также на соседнее оборудование, трубопроводы и т.п., вследствие

чего в них повышается давление выше расчетного, они теряют прочность и разрушаются или происходит их разгерметизация вследствие разрушения от пламени уплотняющих устройств;

- количество выходящего продукта и масштабы пожара увеличиваются со временем, принося большой материальный ущерб и приводя к человеческим жертвам» [19].

«Развитие сценария происходит по примерному варианту:

- иницирующие пожароопасные ситуации и пожары: разгерметизация резервуаров, разгерметизация трубопроводов бензина, возникновение пожаров на дыхательной арматуре резервуаров и возникновение пожаров по всей поверхности резервуаров;
- пожар на дыхательной арматуре резервуара приводит к возникновению пожара резервуара по всей поверхности с условной вероятностью 100%;
- происходит квазимгновенное разрушение резервуара (распад резервуара на приблизительно равные по размеру части в течение секунд или долей секунд), перелив части хранимого в резервуаре продукта через обвалование (ограждение) парка;
- при мгновенном воспламенении вышедшего горючего продукта возникает пожар пролива;
- при отсутствии мгновенного воспламенения вышедшего горючего продукта происходит испарение бензина с поверхности пролива с возможностью образования взрывоопасного паровоздушного облака. испарение с поверхности пролива бензина приводит к образованию взрывоопасного паровоздушного облака только в случае безветрия (штиля);
- последующее воспламенение при условии отсутствия мгновенного воспламенения приводит к взрыву образовавшегося паровоздушного облака или его сгоранию в режиме пожара-вспышки. последующее

воспламенение при условии отсутствия мгновенного воспламенения при наличии ветра приводит к пожару пролива;

- воздействие пожара пролива бензина на резервуар парка при условии неэффективной работы (невыполнения задачи) системой водяного орошения резервуара приводит к возникновению пожара резервуара по всей поверхности;
- воздействие пожара одного из резервуаров парка при условии неэффективной работы (невыполнения задачи) системой водяного орошения соседнего резервуара приводит к возникновению пожара по всей поверхности соседнего резервуара» [19].

Подробные расчеты действий в данной ситуации приведены в разделе 3.2.3 Руководства ФГБУ ВНИИПО [19].

«На исправно работающих резервуарах основными источниками зажигания являются:

- проявление атмосферного электричества, искры от электроустановок – чаще всего происходят в железобетонных резервуарах с нефтью на нефтепроводах и нефтезаводах
- самовозгорание пирофоров – характерны для промышленных и нефтезаводских резервуаров типа РВС с высокосернистой нефтью и светлыми нефтепродуктами.
- механические удары при отборе проб и замере уровня – чаще всего – взрыв при ручном отборе проб с крыши резервуаров типа РВС.
- технологические огневые устройства.
- разряды статического электричества» [19].

«Повышенная загазованность территории резервуарных парков способствует пожарам от различных источников зажигания (автомобилей, огневых нагревателей, факелов, магнитных пускателей):

- при подаче в промышленные резервуары нефти, недостаточно сепарированной от газа;

- при перекачке резервуара нефти, имеющей высокую упругость паров;
- в случае переполнения резервуаров нефтью или бензином» [19].

«Примерно одна треть пожаров и загораний происходит на очищаемых и ремонтируемых резервуарах:

- при очистке резервуаров перед ремонтом;
- при проведении огневых работ на предварительно очищенных резервуарах;
- при проведении работ по ремонту и обслуживанию» [19].

Как и в случае всех типов противопожарных операций, необходим хорошо спланированный и проверенный план реагирования на инциденты. Выполнение предварительных планирований действий на объектах складского хранения, чтобы определить опасности, возможность перерастания пожара в крупный инцидент, а также необходимые и доступные ресурсы. В случае возникновения пожара на объекте данного типа преимущество имеет информация о резервуаре и продукте, мерах пожарной безопасности, расположении подъездных путей и площадок для перевалки, а также расположения источников воды.

Пожары на резервуарах – это сложные события. Борьба с ними требует реализации планов, подготовки и надлежащего использования ресурсов, координируемых эффективной организацией по управлению чрезвычайными ситуациями. Однако даже при наличии плана успех не гарантирован. Если план не приводит к достижению желаемого результата во время пожара, измените стратегию и тактику для достижения безопасности и успеха.

### **2.3. Выбор наиболее эффективного метода тушения пожаров в резервуарном парке АО «Оренбургнефть»**

Исследуя пожары на объектах нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности, а также на объектах, широко использующих продукты



данной промышленности, эксперты и специалисты в области пожарной безопасности делают выводы, что наибольшая доля пожаров зафиксирована в резервуарах и резервуарных парках.

«Согласно статистике, за последнее десятилетие на наземных резервуарах произошло около 93,4 % пожаров и аварий. Они распределяются следующим образом: 32,1 % — на резервуарах с сырой нефтью, 53,9 % — с автомобильными топливами и 14,0 % — с другими видами нефтепродуктов (мазут, керосин и пр.)» [1].

«Зарубежные и отечественные данные по пожарам свидетельствуют о слабой устойчивости резервуаров с нефтепродуктами к тепловому воздействию и взрывам, а также о большой сложности их тушения. Кроме того, в зарубежных материалах отмечается тенденция к повышению пожарной опасности таких объектов с увеличением единичной вместимости резервуаров. В настоящее время уже применяются резервуары вместимостью 100 тыс. м<sup>3</sup>, ведутся конструкторские разработки резервуаров вместимостью 120 тыс. м<sup>3</sup>. Совершенно ясно, что для резервуаров такой вместимости должна предусматриваться особая противопожарная защита и новые технологии пожаротушения» [1].

«Противопожарная защита резервуарных парков традиционно решается путем использования пены средней кратности, которую получают с помощью пеногенераторов, размещенных по периметру резервуаров. Опыт эксплуатации автоматических систем пожаротушения и анализ произошедших пожаров показывает низкую эффективность противопожарного оборудования, поскольку уже в первые минуты пожара в резервуаре пеногенераторы выходят из строя» [1].

«Решение проблемы тушения пожаров нефтепродуктов в резервуарах связывается с использованием способа подачи пены в слой горючего. Причем, реализация этого способа предусматривается в резервуарах различной конструкции и вместимости. Применение подслоного способа пожаротушения нефтепродуктов в резервуарах с понтоном и плавающей

крышей сдерживается по ряду объективных причин и, в первую очередь, из-за нормативных документов, предписывающих использовать камеры типа ГТТСС для противопожарной защиты пространства кольцевого зазора в резервуаре» [14].

«Систематические исследования по тушению пожаров пеной низкой, средней и высокой кратности позволили разработать новый комбинированный способ пожаротушения резервуаров повышенной вместимости, а освоение производства пленкообразующих фторсинтетических пенообразователей типа «Подслоный» в промышленных масштабах позволяет приступить к реализации комбинированной системы тушения пожаров в резервуарных парках» [4].

«Для применения комбинированной системы пожаротушения необходимо реализовать комплексный подход к решению противопожарной защиты объектов резервуарного парка на базе создать единой технологии получения пен и аппаратуры, с помощью которой можно реализовать эту технологию» [4].

Поэтому задача разработки научных принципов осуществления отечественной комбинированной системы тушения пожаров и создание современной противопожарной защиты резервуарных парков является актуальной.

«Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих систем противопожарной защиты резервуаров, современных стационарных средств подачи пены в резервуар, руководящих документов по тушению пожаров в резервуарах и резервуарных парках, расчетных методов и экспериментальных данных по применению пленкообразующей низкократной пены при пожаре в резервуаре;
- разработать способ тушения пожаров резервуаров, позволяющий комбинированно подавать пену низкой кратности в слой горючей

жидкости и на ее поверхность выявить факторы, определяющие огнетушащую эффективность пен низкой, средней и высокой кратности» [12].

«Анализ современного состояния противопожарной защиты объектов хранения, транспортировки и переработки нефти и нефтепродуктов в России и за рубежом показывает, что тушение пожаров в резервуарах подачей пены сверху на горящую поверхность является продолжительным и затратным. При этом экономические потери растут каждую минуту за счет выгорания нефтепродукта и расхода огнетушащих средств. Задача минимизации времени тушения является актуальной как с точки зрения материальных затрат, так и с точки зрения обеспечения безопасности пожарных расчетов, участвующих в тушении. Усовершенствование и доработка уже существующей технологии подслоного тушения пожаров сможет решить упомянутую выше задачу и сделать производственные объекты безопаснее» [11].

«При тушении пожаров, связанных с нефтью или органическим топливом (бензин, дизельное топливо, керосин), пена для тушения является единственным эффективным решением. Концепция противопожарной защиты определяется конструкцией резервуара и хранящимися в нем жидкостями» [11].

«Если, например, это масляный резервуар с плавающей крышей, система обнаружения или тушения пожара будет сосредоточена на тех участках, в которых легковоспламеняющиеся жидкости вступают в контакт с воздухом (кислородом). В этом случае правильным решением будет система пожаротушения с уплотнением обода в сочетании с линейным кабелем теплового извещателя» [15].

Если резервуар имеет неподвижную крышу, пожар необходимо ликвидировать путем распыления пены для тушения внутри резервуара. Поскольку пена для пожаротушения менее плотная, чем масло, она будет плавать поверх жидкости. Таким образом, это создаст защиту от кислорода, и

огонь будет потушен. В дополнение к защите резервуаров необходимо использовать соответствующие устройства пожаротушения для силосов с нефтью [15].

Помимо системы пожаротушения резервуаров, резервуары необходимо охлаждать снаружи. Для этого на внешней поверхности устанавливаются замкнутые кольцевые трубопроводы с патрубками. В случае возгорания соседнего резервуара система водяного охлаждения предотвратит перегрев содержимого резервуара. Таким образом, предотвращается распространение огня от одного резервуара к другому.

Одной из наиболее серьезных черт возгораний нефтяных резервуаров является «выкипание», особенно с сырой нефтью и более тяжелой нефтью. Практически любой резервуар, используемый для хранения нефти, имеет определенное количество, варьирующееся от долей сантиметра до нескольких метров воды на дне резервуара, ниже масла. Когда содержимое резервуара сгорает, масло внутри резервуара нагревается. Когда количество нефти становится достаточно большим, эта вода внезапно испаряется, вызывая большое количество паромасляной пены и пара, которые поднимаются и перетекают в резервуар и распространяют огонь [16].

Именно эта особенность приводит к образованию дамб обычно наблюдается вокруг больших нефтяных резервуаров, особенно тех, которые используются для хранения сырой нефти и более тяжелых нефтяных фракций. Возникновение пожара обычно сопровождается взрывом, который повреждает крышу резервуара, часто полностью удаляя его по крайней мере на части танк. существует множество устройств для постоянного крепления к резервуару, на краю крыши, для введения «пеноита» или аналогичных средств пожаротушения, они так часто повреждаются первоначальным взрывом пламени, что многие резервуарные установки не используют их, а зависят от переносные «пенные башни» и т.п. для подачи химикатов пожаротушения через отверстия, сделанные первоначальным взрывом [18].

Кроме того, многие нефтебазы расположены в относительно изолированных местах, а оборудование и рабочая сила, особенно рабочая сила, недоступны для тушения пожара, пока пожар не будет достаточно хорошо установлен. В таких обстоятельствах, даже если пожар будет потушен, верхняя часть сторон резервуара обычно повреждается настолько, что резервуар необходимо полностью восстанавливать, за исключением, возможно, нижней части [17].

Существуют изобретения, в частности, касается новой концепции борьбы с такими пожарами и управления ими, позволяющей использовать оборудование, которое обычно устанавливается в резервуаре для других целей, причем это оборудование редко повреждается или выходит из строя в результате пожара, пока не достигнут его очень поздних стадий. . Это изобретение основано на том факте, что для поддержания горения масло, непосредственно примыкающее к горячей поверхности, должно иметь температуру вспышки или выше, а также на втором факте, что оставшаяся часть масла в баке не нагревается до такой степени, что обычно период в несколько часов для нагрева до любой температуры, близкой к уровню поддержки горения [19].

Это становится наиболее очевидным, если мы рассмотрим бак, полный керосина. Температура вспышки керосина, температура, при которой небольшая чашка с керосином выделяет достаточно паров, чтобы поддерживать горение на ее поверхности, обычно составляет не менее 125 F. Нормальная температура тела керосина при хранении в размер большого резервуара обычно соответствует средней температуре воздуха, существующей в месте хранения в рассматриваемое время. Эта температура обычно не выше 70–90 F даже летом в очень жарком климате. В резервуаре с керосином, горящим на поверхности, только дюйм или около того керосина вверху находится в точке воспламенения до тех пор, пока резервуар не охладится [20].

Был проведен патентный поиск, связанных с тушением пожара резервуаров полезных моделей. Результаты поиска представлены в таблице 1

«Современные методы тушения нефти и нефтепродуктов сейчас во всем мире основаны на использовании механической пены из нефторированной пленкообразующей пены. Для тушения пожаров в резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов чаще всего используются пены низкой кратности, получаемые с использованием фторированной пленкообразующей пены. Подача пены низкой кратности в резервуар может осуществляться над поверхностью горючей жидкости, под слоем горючей жидкости и комбинированным способом, когда пена наносится одновременно с поверхностью горючей жидкости и подслоем. Подземный метод тушения применяется при тушении пожаров нефти и светлых нефтепродуктов с вязкостью при хранении до  $50 \text{ мм}^2\text{с}^{-1}$ » [13].

«Для тушения легковоспламеняющихся вязких жидкостей, содержащих в своем составе полярную жидкость, подземный метод тушения не рекомендуется» [13].

«Для более вязких масел и содержащих полярные жидкости, таких как высокооктановый бензин АИ-95, АИ-98, следует нанести пену на поверхность горючей жидкости. Комбинированный метод наиболее целесообразно применять для резервуаров с плавающей крышей с неподвижной крышей и оборудованных понтонами. Пенные средства пожаротушения для подповерхностного слоя построены с использованием пеногенератора высокого давления, пена на поверхности может быть изготовлена как специально установленными в верхней зоне стенок резервуара пенными камерами, так и с помощью подвижных средств. Наиболее эффективное мобильное пожарное оборудование для тушения пены в резервуаре для воды и мониторы пены могут подавать пену низкой кратности на большие расстояния и по высоте» [3].

Таблица 1 – Результаты анализа патентов на тушение нефти и нефтепродуктов

Наименование технического решения	Известные технические решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений	Положительные эффекты от использования и сущность разрабатываемого решения
<p>«Пат. РФ № WO201110592 6A1 Способ и устройство для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах» [7].</p>	<p>«Изобретение относится к области противопожарной техники. Способ тушения нефти и нефтепродуктов в резервуаре включает подачу огнетушащей смеси через всплывающий над поверхностью горячей жидкости поплавковый распылитель» [7].</p>	<p>«Тушение в данном способе осуществляется путем подачи огнетушащей газодисперсной смеси (ГДС) в зоне горения снизу вверх, а огнетушащую ГДС образуют подачи под давлением не менее 2 МПа газообразного и / или сжиженного газового флегматизатора, и / или газообразного, и / или сжиженного гомогенного ингибитора горения, и / или углеводородофобного поверхностно-активного вещества (ПАВ) в емкости с порошкообразным или жидким гетерогенным ингибитором горения, имеющим клапан» [7].</p>	<p>«сложность использования данного метода тушения из-за высокой скорости истечения (до 250м / с) огнетушащего состава и его повышенной опасности для обслуживающего персонала» [7].</p>	<p>«Устройство по п.п. 3, 4, отличающееся тем, что пускозапорное устройство выполнено с электрическим и / или пневматическим и / или ручным запуском в обычном или взрывозащищенном исполнении» [7].</p>

Продолжение таблицы 1

Наименование технического решения	Известные технические решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений	Положительные эффекты от использования и сущность разрабатываемого решения
<p>«Пат. РФ № RU2534311C1 Способ тушения горящих фонтанов на газовых, нефтяных и газонефтяных скважинах и устройство для его осуществления» [8].</p>	<p>«Изобретение относится к области пожаротушения и может быть использовано для тушения пожаров фонтанов на газовых, нефтяных и газонефтяных скважинах. Способ тушения горящих фонтанов на газовых, нефтяных и газонефтяных скважинах включает подачу в очаг пожара газодисперсного состава.» [8].</p>	<p>«Способ тушения горящих фонтанов на газовых, нефтяных и газонефтяных скважинах, включающий подачу в очаг пожара газодисперсного состава, отличающийся тем, что способ получения путем смешения газового флегматизатора и жидкого и / или дисперсного ингибитора горения в резервуарах под давлением 1-12МПа при создании газа-флегматизатора и ингибитора горения» [8].</p>	<p>«Применение вышеописанных способов, как и прототипа, требует привлечения большого количества людей, техники огнетушащего вещества, дорогих и подготовительных работ, которые быстро растягиваются на недели и месяцы» [8].</p>	<p>«строительство для тушения горящих фонтанов на газовых, нефтяных и газонефтяных скважинах, содержащее герметичную емкость с химическим ингибитором, баллонный источник газа, связанный с полостью указанной емкости трубным азратором, обеспечивающим инъекцию огнетушащего состава» [8].</p>



Прежде чем рассматривать достоинства различных типов пенообразователей, необходимо уяснить некоторые термины, связанные с пеной [21].

Пена с низким расширением: пена с аэрацией до степени расширения от 2 до 1 и от 20 до 1.

Пена среднего расширения: Коэффициент расширения от 20 к 1 до 200 к 1.

Пена с высоким расширением: коэффициент расширения более 200: 1.

Скорость разбавления, скорость смешивания или дополнительная скорость (правильное количество пенообразователя для смешивания с водой): количество обычно указано на ведре или барабане с концентратом. Контейнер обычно отображает цифру или комбинацию цифр. Показанные нормальные значения составляют 1%, 2%, 3% или 6% или комбинацию 1% и 3%, 3% и 3% или 3% и 6%. Если на контейнере с пенообразователем указано 3%, это означает, что на каждые 100 галлонов необходимого пенного раствора необходимо использовать 3 галлона пенообразователя в растворе, а остаток составляет 97 галлонов воды.

Если отображается 6%, это будет означать, что для образования 100 галлонов раствора пены потребуется смешать 6 галлонов пенообразователя с 94 галлонами воды. Из вышесказанного становится очевидным, что концентрат пены 3% в два раза больше концентрата пены 6%. При таком же размере и типе воспламеняющейся жидкости потребовалось бы вдвое меньше 3% пенообразователя, чем при использовании 6% пенообразователя.

Огонь горит, потому что присутствуют четыре элемента. Эти элементы – тепло, топливо, воздух (кислород) и химическая цепная реакция. В нормальных условиях, если какой-либо из элементов удаляется / вмешивается, пожар тушится. Пена для пожаротушения не препятствует химической реакции. Пена действует следующим образом:

– пена покрывает поверхность топлива, подавляя огонь;

- пена отделяет источник пламени и воспламенения от поверхности топлива;
- пена охлаждает топливо и все прилегающие металлические поверхности;
- пена подавляет выделение легковоспламеняющихся паров, которые могут смешиваться с воздухом.

Прежде чем мы рассмотрим различные типы механических пенообразователей, рассмотрим две различные основные группы легковоспламеняющихся и горючих топлив [10].

Стандартные углеводородные топлива, такие как бензин, дизельное топливо, керосин, реактивное топливо и т. Д. Эти продукты не смешиваются с водой или не смешиваются с водой, то есть все эти продукты плавают на поверхности воды и, по большей части, не смешиваются. .

Полярный растворитель или топливо типа спирта – это топливо, которое легко смешивается с водой или смешивается с водой.

Крайне важно, чтобы при подготовке к тушению воспламеняющейся жидкости вы определили, к какой группе топлива относится данная горючая жидкость. Это необходимо, поскольку некоторые пенообразователи не подходят для использования при разливах или возгорании топлива полярного растворителя спирта.

Ниже приводится список механических пенообразователей, которые являются наиболее распространенными типами, которые в настоящее время используются пожарными.

- пена на водной основе, образующая пленку (AFFF);
- устойчивый к алкоголю (AR-AFFF);
- синтетика – со средней или высокой степенью кратности (моющее средство);
- пенный концентрат класса «А»;
- смачивающий агент;
- фторопротеин;

- протеин;
- пленкообразующий фторопроtein (FFFP) [25].

Водный концентрат пены для формирования пленки (AFFF): доступен в виде концентратов 1%, 3% или 6%. Эти концентраты производятся из материалов синтетического типа, таких как:

- синтетические пенообразователи (углеводородные поверхностно-активные вещества);
- растворители (например, выравниватель вязкости, депрессант точки замерзания, усилитель пены);
- фторохимические поверхностно-активные вещества;
- небольшое количество солей;
- стабилизаторы пены (медленный дренаж, повышает огнестойкость) [29].

Пена, генерируемая AFFF, тушит возгорание углеводородной воспламеняющейся жидкости так же, как пена с белком или фторпротеином. Однако есть дополнительная функция. Водная пленка образуется на поверхности легковоспламеняющейся жидкости раствором пены, когда он стекает с пенного покрова.

Эта пленка очень жидкая и плавает на поверхности большинства углеводородных топлив. Это дает AFFF непревзойденную скорость управления огнем и подавления при использовании при типичном пожаре при разливе углеводородов. При определенных обстоятельствах можно заметить, что пожар тушится «невидимой» пленкой до того, как поверхность топлива полностью покрывается пеной.

Пенные растворы AFFF можно применять для тушения воспламеняющейся жидкости с использованием как аспирационных, так и не аспирационных устройств. Разница между ними заключается в том, что воздухозаборное устройство захватывает воздух и заставляет его смешиваться с раствором пены внутри устройства. Безвоздушное устройство не способно на этот процесс.

Раствор AFFF и вода требует относительно низких затрат энергии для расширения пенного раствора до вспененной массы.

Пенные растворы AFFF уникальны тем, что помимо образования вспененной массы пены, жидкость, стекающая с одеяла, имеет низкое поверхностное натяжение, что дает ей способность образовывать водную пленку, которая плавает на поверхности топлива.

Когда скорости потока и давления аналогичны, растворы AFFF, используемые с безвоздушным выпускным устройством, обычно выпускают / выбрасывают пену на большее расстояние, чем пена, которая выпускается из воздуховыпускного выпускного устройства. Безвоздушный AFFF, как правило, тушит пролитое топливо с низким давлением паров немного быстрее, чем пена, выходящая из воздуховсасывающего устройства. Это связано с тем, что пена, образующаяся без наддува через сопло, имеет меньшее расширение и будет более текучей; следовательно, он будет быстрее перемещаться по поверхности топлива. Пенные растворы AFFF уникальны тем, что помимо образования вспененной массы пены жидкость, стекающая из пенного покрытия, имеет низкое поверхностное натяжение, что дает ей способность образовывать водную пленку, которая плавает на поверхности топлива.

При использовании пен AFFF техника нанесения не так важна, как с белками или фторопротеинами. Пену AFFF можно также успешно использовать методом подповерхностной инъекции.

Подземный метод слива пены в резервуар для хранения может использоваться только с резервуарами, которые содержат стандартное углеводородное топливо, НЕ полярное топливо на основе растворителя / спирта.

Рекомендуемая норма расхода для раствора пены AFFF 3% – 6% при разливе углеводородов с низкой растворимостью в воде составляет 0,10 галлонов в минуту/м<sup>2</sup>. Помните, что пенные растворы протеина и фторопротеина требуют расхода 0,16 галлонов в минуту/м<sup>2</sup>.

AFFF подходит для использования в виде премикса и подходит для использования с сухими химическими огнетушащими веществами.

## Выводы по разделу 2

Считается, что основным (а в отдельных случаях и единственным) средством тушения пожаров нефтепродуктов является воздушно-механическая пена. К сожалению, на сегодняшний день более эффективного средства тушения человечеством не придумано. Крупные пожары последних лет в России, США и Европе были ликвидированы только после применения пены, а именно пены, приготовленной на основе специальных пенообразователей [2].

В данном разделе рассмотрены процессы возникновения, ликвидации чрезвычайных ситуации и проектирование системы пожарной безопасности при сливноналивных работах в мировой практике и непосредственно на объекте на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть».

В разделе тау же рассмотрены типовые чрезвычайные ситуации Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть» при сливо-наливных работах.

Для тушения пожаров на предприятиях предлагается оснастить резервуары с нефтепродуктами и топливом системами автоматического пожаротушения.

### **3 Современные разработки инженерно-технических и организационных мероприятий повышения эффективности пожарной безопасности при сливноналивных работах**

#### **3.1 Разработка инженерно-технической и организационных мероприятий по пожарной безопасности направленных на повышение эффективности пожарной безопасности при проведении сливо-наливных работ**

Разработаем инженерно-технические мероприятия по пожарной безопасности направленных на повышение эффективности пожарной безопасности при проведении сливо-наливных работ.

«Оснащение резервуаров системой автоматического пожаротушения может быть осуществлена только в период проектирования или капитального ремонта» [9].

«Для этого предлагается использовать Устройство оперативной врезки патент на полезную модель № 8559 «Устройство оперативной врезки», что видно на рисунке 3» [6].

«УОВИ предназначено для выполнения отверстий в технологических коммуникациях вертикальных стальных наземных резервуаров с нефтью и нефтепродуктами и последующей подачи огнетушащей воздушно-механической пены низкой кратности в слой горючего. Допускается использование УОВИ для выполнения работ, не связанных с пожаротушением (например, проведение оперативного ремонта трубопроводов)» [6].

Конструкция держателя фрезы обеспечивает фиксацию высверленного диска внутри корпуса фрезы. Конструкция бандажа УОВИ позволяет одновременно подключать генератор пены высоконапорный и рукав для подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Переключение режимов осуществляется рукоятками шаровых кранов [6].

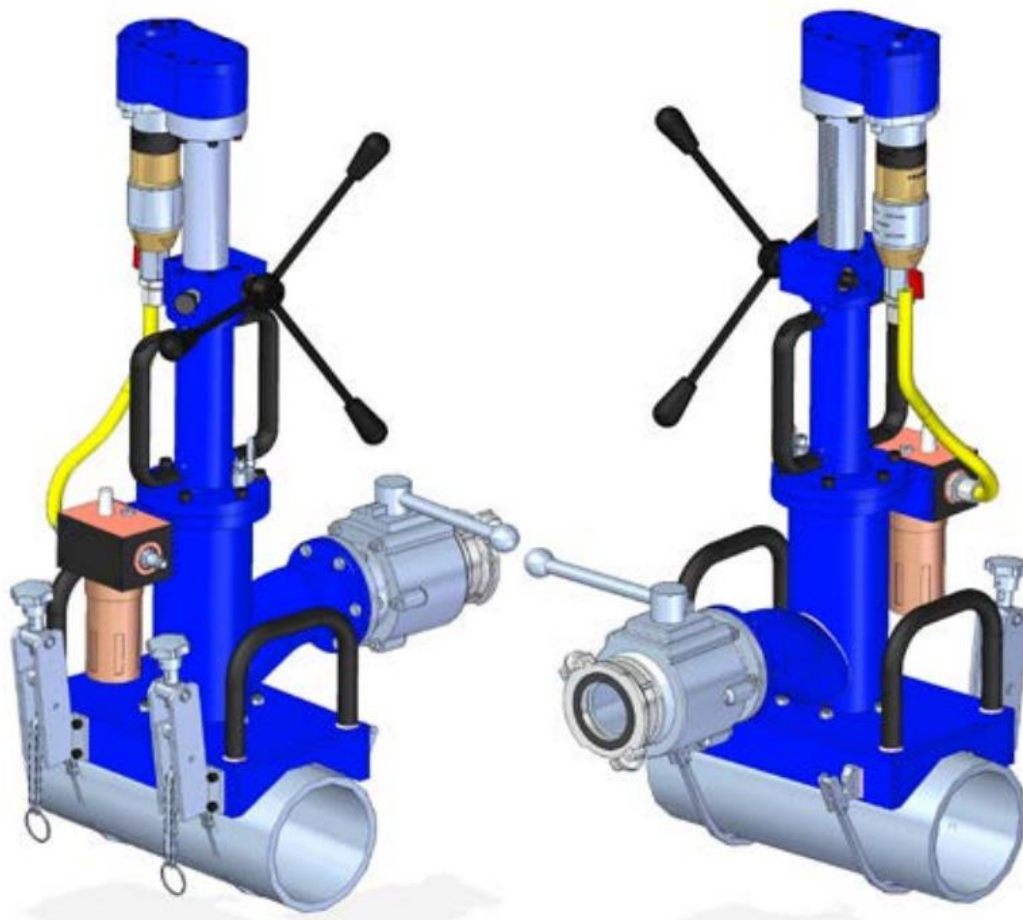
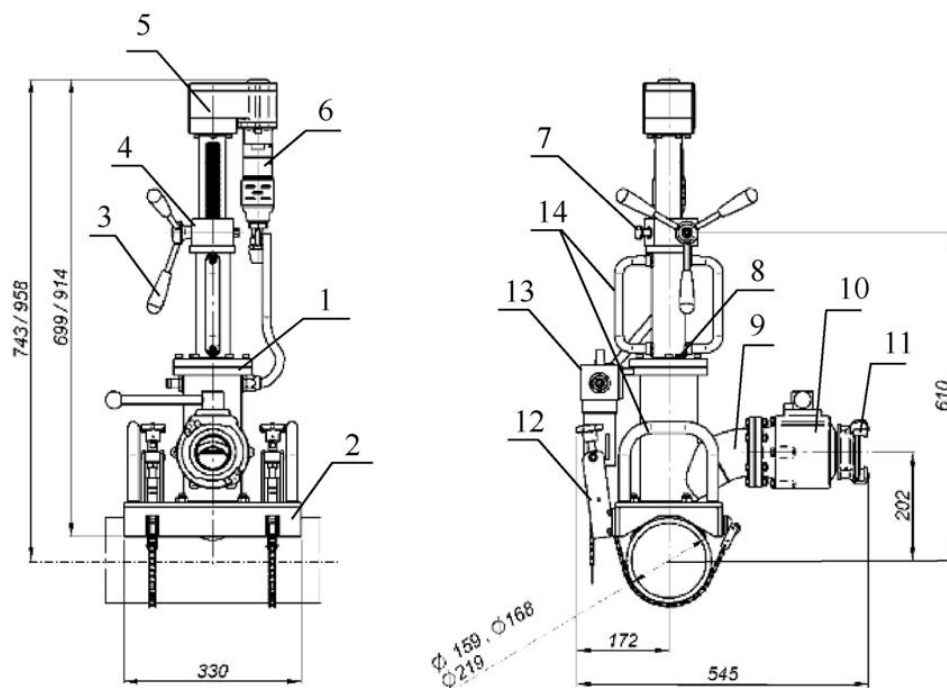


Рисунок 3 – Устройство оперативной резки интегрированное

«УОВИ устанавливаются на трубопроводы внешним диаметром 159, 168 или 219 мм с лакокрасочным покрытием. Конструкция УОВИ исключает утечку содержимого трубопровода. Привод УОВИ – пневматический двигатель с номинальным расходом сжатого воздуха 0,6–1,0 м<sup>3</sup> /мин при давлении в пневматическом рукаве 0,6–0,8 МПа. Питание привода осуществляется от компрессоров или баллонов со сжатым воздухом, обеспечивающих запас воздуха на время не менее 5 мин работы. Диаметр выполняемого отверстия – 80 мм. Режущий инструмент – корончатая фреза с твердосплавными пластинами и высотой рабочей части 67 мм. Частота вращения фрезы –  $(80 \pm 10)$  об/ мин. Подача/отвод фрезы – производится вручную. Возможность использования УОВИ на трубах разных диаметров обеспечивается сменными насадками» [6].

Подача воздушно-механической пены осуществляется через технологические коммуникации (трубопроводы) с помощью устройства оперативной врезки интегрированного (УОВИ), схема которого представлена на рисунке 4.



- 1 – корпус; 2 – бандаж; 3 – рукоятка подачи/отвода фрезы; 4 – редуктор подачи / отвода фрезы; 5 – редуктор вращения фрезы; 6 – привод пневматический; 7 – кнопка фиксатора подачи/отвода фрезы;  
 8 – клапан для подачи смазывающей охлаждающей жидкости; 9 – отвод;  
 10 – кран шаровый; 11 – головка соединительная; 12 – фиксатор цепной;  
 13 – блок подготовки воздуха; 14 – рукоятки транспортировочные.

Рисунок 4 – Схема устройства оперативной врезки интегрированного

На место пожара прибывают отделения на аварийно-спасательных автомобилях (АСА) и на автоцистернах (АЦ).

«Личный состав АСА устанавливает УОВИ (по 2 чел.) и перекрывает задвижки на технологических коммуникациях РВС по обе стороны от места врезки (по 2 чел.). Одновременно личный состав АЦ №1 создает водяные завесы для охлаждения резервуара и защиты пожарных, задействованных



на перекрытии задвижек. Личный состав АЦ № 2 прокладывает рукавную линию к устройству оперативной врезки интегрированного» [11].

В нижней части банджа (рис.4, поз.2) устанавливают сменный переходник-уплотнитель (рис. 5), соответствующий диаметру технологической коммуникации.



Рисунок 5 – Сменный переходник-уплотнитель: (а) – внутри банджа; (б) – отдельно, с гравировкой внешнего диаметра трубы.

«Для тушения пожара в резервуаре, винты фиксаторов цепных (рис.1, поз.12) вращают по часовой стрелке до полного освобождения металлической цепи. С помощью рукояток транспортировочных (рис.1, поз.14) устанавливают устройство оперативной врезки интегрированного на трубопровод и придерживают в указанном положении до полной фиксации УОВИ на трубопроводе. Цепи продевают под трубопроводом и приводят в зацепление с крюками, находящимися в нижней части банджа УОВИ, не допуская провисания цепей под трубопроводом. Винты фиксаторов цепных вращают против часовой стрелки до полной фиксации УОВИ на трубопроводе» [11].

«Для предотвращения искрообразования, обусловленного сверлением и фрезеровкой металла, внутреннюю полость УОВИ заполняют смазывающей охлаждающей жидкостью (СОЖ). Для этого откручивают винт клапана (рис.1, поз.8), в отверстие клапана подают СОЖ в количестве 300–400 см<sup>3</sup>, затем закручивают клапан» [11].

«К блоку подготовки воздуха (рис.1, поз.13) подключают компрессор или баллонную систему производительностью не ниже 1,5 м<sup>3</sup>/мин. В случае применения баллонной системы запас сжатого воздуха должен составлять не менее 4,5 м<sup>3</sup>»[11].

Этапом тушения пожара в резервуаре является открытие перекрывного крана перед пневматическим приводом (рис.1, поз.6), закрытие крана шарового (рис.1, поз.10), после чего приступают к врезке в трубопровод. Одновременно прокладывают к устройству оперативной врезки интегрированного рукавную линию и подключают генератор пены высоконапорный (ГПВ).

«После выполнения врезки поднимают шток с фрезой в крайнее верхнее положение (выкручивают рукоятку подачи фрезы против часовой стрелки до щелчка кнопки-фиксатора), подают к ГПВ рабочий раствор пенообразователя, при этом давление на насосе АЦ должно быть в пределах (0,3±0,1) МПа (из воздухозаборных отверстий ГПВ будет выливаться рабочий раствор пенообразователя), после чего последовательно открывают задвижки на технологической коммуникации по направлению к резервуару» [11].

«Открывают кран шаровый на УОВИ, плавно повышают давление рабочего раствора пенообразователя на насосе АЦ до номинального (0,8–1,0 МПа). Во избежание утечки горючей жидкости из технологической коммуникации не допускается открывать кран шаровый на УОВИ до подачи рабочего раствора пенообразователя для тушения пожара в резервуаре» [11].

«Подачу рабочего раствора пенообразователя прекращают по окончании тушения пожара в резервуаре, после закрытия крана шарового на

УОВИ, демонтаж ГПВ и УОВИ – после перекрытия всех задвижек на трубопроводе» [11].

«В качестве огнетушащего вещества предлагается использовать синтетические пенообразователи. Пенообразователи синтетические фторсодержащие пленкообразующие целевого назначения «Мультипена» (ТУ 2480–002–34998211–01) предназначены для тушения пожаров пеной низкой, средней и высокой кратности, обладающего повышенной огнетушащей эффективностью, для противопожарной защиты объектов, применяющих в своем производстве нефть или ее производные» [5].

Тактико–техническая характеристика и показатели качества пенообразователя Мультипена, его состав, условия хранения и способы применения – в соответствии с требованиями действующего ГОСТ Р 50588–2012 и технических условий Изготовителя.

«Мультипена» предназначен для стандартного (поверхностного), подслоного и комбинированного тушения нефти и нефтепродуктов с образованием водной пленки на поверхности горячей жидкости, препятствующей проникновению кислорода и повторному возгоранию ЛВЖ» [5].

«Мультипена» применяется государственными противопожарными службами МЧС России при тушении пожаров различной степени, а также в автоматических системах пожаротушения на промышленных предприятиях, в основном на производственных объектах нефтегазового комплекса (нефтеперерабатывающие заводы, химические предприятия, нефтебазы, нефтехранилища, АЗС, склады ГСМ, ОНП и т. д.) для оперативного тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках, а также при аварийных разливах» [5].

«Следовательно, рационально использование пенообразователей синтетические фторсодержащие пленкообразующие целевого назначения «Мультипена» для защиты резервуара для хранения топлива для ТЭЦ

комбинированным способом подачи пены низкой кратности с особым пленкообразующим эффектом» [5].

Так же рекомендуется применять для тушения пожаров резервуаров нефтехранилищ генератор пены типа Атлант-6.

Стационарный генератор пены типа Атлант-3, предназначены для получения из 6% водного раствора пенообразователя воздушно-механической пены средней кратности путем эжекции воздуха [25].

«При работе генераторов необходимо использовать синтетические пенообразователи, рекомендованные для получения пены средней кратности (типа ПО-6-ТС-В ТУ 2481-186-05744685-2002). Допускается применение других типов пенообразователей (AFFF, AFFF AR), рекомендованных для получения пены средней кратности, однако значение кратности получаемой пены в этом случае может снижаться на 20%» [25].

Основные технические данные и характеристики приведены в таблице 8.1

Таблица 2 – Технические данные Атлант-6

Наименование параметра	Значение параметра
	Атлант-6
Диапазон рабочих давлений, МПа	1,2
Производительность по раствору при давлении 0,5 Мпа, дм/с, не мене	6
Кратность пены, не менее	400
Масса, кг, не более	42
Диапазон рабочих температур	-45...+40

Визуальное представление генератора пены высокой кратности можно увидеть на рисунке 6.

«Генератор состоит из корпуса 1, коллектора 2, внешней 3 и внутренней 4 сеток. Раствор из коллектора на сетки подается через равномерно расположенные насадки 5. Коллектор оснащен встроенным фильтром 6. Для закрепления генератора на объекте служат опоры 7. Для зачаливания используются петли 8. Подключение производится через патрубков с резьбой G2» [25].

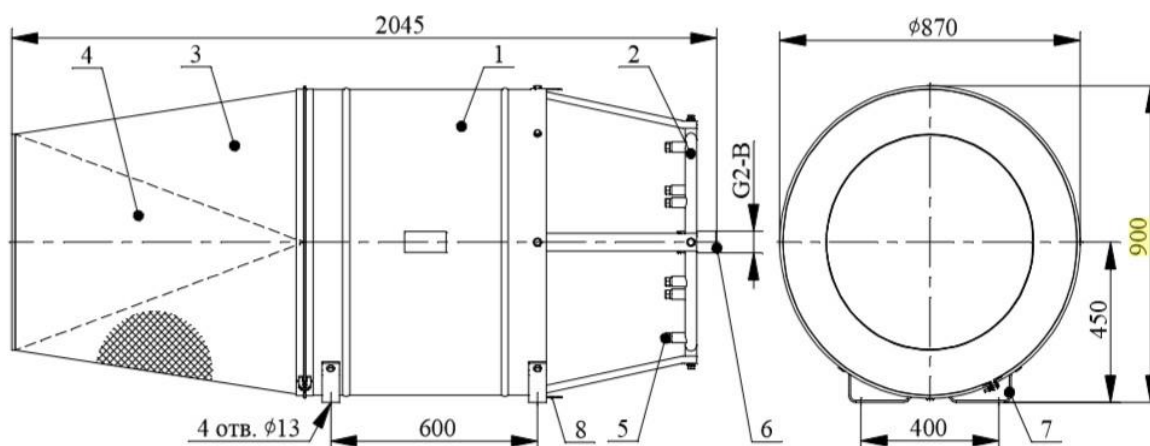


Рисунок 6 – Генератор пены Атлант-6

«Перед установкой генератора следует провести визуальный осмотр: – на отсутствие механических повреждений корпуса, коллектора, сеток, оросителей и фильтра; – на отсутствие засорения фильтра» [25].

«Для обеспечения герметичности резьбового соединения необходимо использование уплотнительного материала. Содержание механических примесей в растворе, подающемся в систему, должно быть не более 0,1% по объему. Размер механических примесей не более 0,2 мм. Температура раствора должна быть от 5 до 40 °С» [25].

«Генераторы транспортируют транспортом любого вида в соответствии с правилами, установленными для транспорта данного вида. Условия транспортирования генераторов в части воздействия климатических факторов должны соответствовать условиям 8 ГОСТ 15150-69, в части воздействия механических факторов – условиям С ГОСТ 23170-78» [25].

«До монтажа на защищаемом объекте генераторы должны находиться в помещении или под навесом. Условия хранения в части воздействия климатических факторов внешней среды должны соответствовать условиям 5 ГОСТ 15150–69» [25].

В целях предупреждения и снижения последствий чрезвычайных ситуаций на УПН «Покровка» предусматривается проведение следующих мероприятий:

- организация оповещения об угрозе и возникновении ЧС руководящего состава УПН «Покровка», формирований, производственного персонала, рабочих и служащих соседних объектов, населения прилегающих жилых массивов;
- приведение в готовность сил и средств УПН «Покровка» в составе формирований.

Штатные аварийно-спасательные формирования:

- 5й отряд федеральной противопожарной службы (ФКУ «5 ОФПС ГПС по РТ (договорной)») (213 чел., 14 спецмашин),
- территориальный отдельный газоспасательный отряд (ООО ТОГСО) (41 чел., 2 спецмашины),
- ООО ЧОП «Кеннард» (85 чел., 2 опермашины),
- 2 круглосуточно работающих медпункта (3-4 чел., 1 машина скорой медицинской помощи).

Нештатные аварийно-спасательные формирования:

- цеха очистных сооружений и внешних коммуникаций;
- цеха сжиженного углеводородного сырья.

На всех заводах в составе 4х работающих смен аварийно-технические группы (12-15 чел.).

Нештатные формирования ГО: аварийно-техническая команда (по обеззараживанию) (72 чел.), 3 сборных эвакупункта (138 чел.), пункт выдачи противогазов (13 чел.), 2 санитарные дружины (46 чел.), подвижной пункт

питания (15 чел.), пост РХН (3 чел.), группа обслуживания убежищ в каждой работающей смене цеха (120 чел.), группа связи (15 чел.).

- выдача производственному персоналу СИЗ: противогазовых коробок ГП-7 – 3500 шт, промышленными противогазами технологический персонал обеспечен на 100%;
- приведение в готовность убежищ и укрытий;
- приведение в готовность и оснащение медицинских формирований в составе 2х сандружин и лечебные пункты УПН «Покровка», эвакуация пораженных в лечебные учреждения осуществляется в горбольницы под руководством старшего медработника УПН «Покровка» (в нерабочее время – врача 1го медпункта, в рабочее – врача МСЧ);
- приведение в готовность транспорта 4 единиц (автотранспортный цех) для эвакуации населения в безопасный район, подготовка к размещению эвакуируемых в места размещения.

При угрозе возникновения аварии со АХОВ приводятся в готовность по таблице 3.

Таблица 3 – Приведение формирований в боевую готовность

Время готовности	Формирование
В течение «Ч»+5 мин –	ФКУ «5ОФПС ГПС по РТ (договорной)», ООО ТОГСО, ООО ЧОП «Кеннард», отдел обеспечения внутриобъектового режима, медпункт, группы обслуживания убежищ, звено связи. место сбора – район аварий (указывается председателем КЧС ПБ через дежурного диспетчера), кроме групп обслуживания убежищ (закрепленные убежища)
В течение «Ч»+5 час	СЭП, пункт выдачи СИЗ, 2 санитарных дружин, подвижный пункт питания, ПРХН, место сбора – район аварий (указывается председателем КЧС ПБ через дежурного диспетчера)

Нештатные аварийно-спасательные формирования обеспечены: инженерной техникой на – 100 %, средствами пожаротушения – на 100 %, специальными машинами – на 100 %, приборами разведки – на 100%, средствами связи – 100%, средствами индивидуальной защиты – на 100%

Убежища №№ 1, 2, 3 – находятся в постоянной готовности. Ответственный – руководитель службы убежищ и укрытий.

Подготовка к выдаче и выдача рабочим и служащим средств индивидуальной защиты в течение «Ч»+3 мин. Рабочие и служащие цеха, в котором произошла авария, самостоятельно одевают промышленные противогазы, которые имеются у них на местах.

В течение «Ч»+30 мин готовятся для перевозки эвакуируемых рабочих и служащих УПН «Покровка»:

- автобусы – 15 шт.
- транспортные автомобили – 3 шт.

Место сосредоточения транспорта на УПН «Покровка» – стоянка перед автотранспортным цехом. Ответственный – руководитель транспортной службы – начальник автотранспортного цеха.

В течение «Ч»+1 час готовятся к приему эвакуируемых с территории УПН «Покровка» рабочих и служащих пункты размещения: база отдыха «Солнечный», ДК Химиков, плавательный бассейн. Ответственные за подготовку мест размещения – председатель эвакокомиссии УПН «Покровка» – заместитель генерального директора по персоналу и общим вопросам.

В течение «Ч»+10 мин разворачиваются:

- медицинские пункты на территории УПН «Покровка». Места размещения – корпуса № 804, 2008, 817. Ответственный – руководитель медицинской службы – главный врач МСЧ.
- медицинские пункты в местах размещения эвакуируемых. Место размещения – база отдыха «Солнечный», ДК Химиков,



плавательный бассейн. Ответственный – руководитель медицинской службы.

Ответственные за выполнение противоэпидемических мероприятий в местах размещения эвакуируемых – руководитель медицинской службы.

В течение «Ч»+ 3 час проверяется исправность противопожарной техники, устройств автоматического водоснабжения, обеспечение удобных подъездов к зданиям и водозабору.

В течение «Ч»+1 час обеспечивается готовность к постановке отсечных водяных завес в количестве 10 машинами в возможном районе аварии. Ответственный – руководитель противопожарной службы.

«Дежурный диспетчер УПН «Покровка» производит оповещение:

- через «Ч» +3 мин – производственного персонала работающей смены УПН «Покровка»;
- через «Ч» + 3 мин – в рабочее время и через «Ч» + 30 мин – в нерабочее руководящего состава УПН «Покровка» согласно Плана оповещения. Сбор руководящего состава через «Ч» + 30 мин в рабочее время и через «Ч» + 1 час 30 мин в нерабочее время. Место сбора – диспетчерский пункт УПН «Покровка».
- через «Ч» + 5 мин – командиров формирований постоянной готовности (сбор личного состава формирований организуют их командиры в соответствии с планами приведения формирований в готовность);
- через «Ч» + 12 мин – производственного персонала соседних объектов» [25].

При уведомлении об аварийной ситуации с резервуаром для хранения пожарная служба должна немедленно начать сбор информации и оценку происшествия. Хотя было сказано, что увеличение размера начинается с уведомления о тревоге и продолжается до тех пор, пока последний объект не покинет место происшествия, на самом деле увеличение размера начинается с предварительного планирования реагирования. Информация, собранная на

этом этапе, является основой для всех масштабов, стратегии и тактики, используемых в этих инцидентах. После использования плана реагирования на инцидент и исходной информации о тревоге быстро соберите дополнительную информацию по пути к месту происшествия и после него, чтобы разработать эффективную стратегию тушения пожара.\

Необходимо принять во внимание следующее:

- спасение персонала в непосредственной близости;
- угроза безопасности жизни персонала на объекте;
- расширение;
- заключение;
- погашение;
- воздействие на окружающую среду;
- влияние на сообщество.

После решения неотложных проблем определите тип пожара: вентиляция, ободное уплотнение, трубопровод или соединение, полное поражение, переполнение, резервуар и дамба, несколько резервуаров или воздействие. Определение типа пожара определит требуемые ресурсы и продиктует необходимый план действий при инциденте для тушения пожара.

Существует несколько типов пожаров, с которыми может столкнуться аварийная организация, и различные способы борьбы с ними. Можно рассматривать пожары на земле или на дамбах, возникающие в результате переполнения резервуаров или отказов труб, как простые разливы или пожары в лужах. Попытка рассчитать площадь разлива странной формы может быть сложной задачей, но лучшая тактика – обеспечить достаточную подачу воды и пены и начать тушение пожара после того, как на месте будут достаточные ресурсы.

Распространенная ошибка – пытаться потушить такой пожар неадекватными средствами. Если огонь не потушить с помощью ресурсов на месте происшествия, он будет продолжать гореть и разрушать уже установленное пенопластовое одеяло, сводя на нет любое положительное

воздействие, которое вы могли оказать. Можно защитить водой такие источники воздействия, как резервуар и связанные с ним трубопроводы и насосы, используя наземные мониторы или устройства, установленные на гидрантах.

Пожарные не должны пытаться войти в зону дамбы, если это не безопасно. Это можно проверить с помощью атмосферных испытаний и обеспечения того, чтобы любая потенциальная утечка не заполнила дно дамбы. Это особенно актуально для небольших разливов, с возгоранием или без него. Для более крупных разливов, когда произошло возгорание и продолжаются пенные работы, вход в дамбу должен быть запрещен. Нарушение пенного покрова может иметь катастрофические последствия, и пожарные ни в коем случае не должны попадать в пролитый продукт.

Обычно можно тушить пожары, затрагивающие зону ободного уплотнения, с помощью частично или полностью фиксированной системы вода и пена. Реакция на этот тип пожара аналогична реакции на пожары в обрызганных зданиях, поскольку вы поддерживаете стационарные системы по прибытии. Основное отличие состоит в том, что вы не должны пытаться тушить пожар, пока не подтвердите надежность подачи воды и пены и что достаточное количество и того, и другого будет доступно на время перестрелки.

Помните, что во время предварительного планирования реагирования вы должны идентифицировать и оценивать эти системы. Вы также должны указать, к кому обращаться, чтобы активировать их. Вы должны протестировать использование этих систем до, а не во время инцидента. Работайте с персоналом станции во время планирования реагирования на инциденты и проводите ежегодные учения и упражнения, чтобы отработать снабжение и активацию систем.

Если частично или полностью стационарные системы не установлены, можно использовать переносное оборудование для тушения этих пожаров.

Можно использовать шланги и мониторы, чтобы заполнить область уплотнения обода раствором воды и пены.

Некоторые инструменты, такие как инструмент Daspit™, специально разработаны для борьбы с возгоранием с помощью ободного уплотнения. Это контрольное устройство имеет скобу или зажим, предназначенную для его крепления к корпусу резервуара на верхней кромке резервуара. Вы также можете использовать его для других приложений.

Для других приложений пожаротушения можно прикрепить Daspit Tool к наземной стойке или стойке, установленной в задней части пикапа или другого транспортного средства.

Расход раствора пены и воды при пожарах с уплотнением обода с использованием переносного оборудования колеблется от 250 литров в минуту для резервуаров небольшого размера (до 90 метров в диаметре) до 550 галлонов в минуту для резервуаров среднего размера (от 90 до 175 метров в диаметре) и 950 литров в минуту для резервуаров большего размера (от 175 до 300 метров в диаметре) со временем нанесения 20 минут.

Метод тушения пожаров в резервуарах вручную с использованием портативных или мобильных мониторов обычно называется применением типа III или «сверхвысоким».

При использовании метода over-the-top следует учитывать следующее: минимальные нормы внесения, плотности нанесения, минимальная продолжительность нанесения раствора пены и дополнительная скорость нанесения пены в зоне насыпи. Эти соображения различаются в зависимости от температуры воспламенения топлива, несмешиваемости с водой, типа пены и устройства нанесения [27].

Для пожаров с участием углеводородов, таких как бензин или дизельное топливо, промышленным стандартом является трехпроцентная концентрация.

Пены теперь используются в концентрации в один процент. Они оказались очень эффективными в ходе испытаний. Для пожаров, связанных с

полярными растворителями, такими как спирты или метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), пропорция спиртоустойчивого концентрата (ARC) составляет 3...6 процентов при шестипроцентной концентрации [31].

Однако существуют пенообразователи ARC, предназначенные для использования с трехпроцентной концентрацией полярных растворителей. Пропорциональная концентрация означает процентное содержание пены в воде.

Например, трехпроцентная пропорция пены означает, что три процента общего раствора пена и вода составляют концентрат пены, а остальные 97 процентов – вода. Расход пенного раствора зависит от площади поверхности жидкости.

Как и в случае пожара с уплотнением по краю, не пытайтесь тушить пожар, пока не будет подтверждено, что и вода, и пена могут быть надежно и количественно обеспечены в течение времени, необходимого для тушения пожара.

### **3.2 Практическое и экспериментальное исследование результатов внедрения разработанных инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности пожарной безопасности**

Так как практическое применение предлагаемых мероприятий невозможно, пока резервуары не встанут на плановый ремонт, предлагается экспериментально оценить результат внедрения предлагаемых инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности пожарной безопасности

«Технология QuaD (QUality ADvisor) – гибкий инструмент измерения характеристик, которые описывают качество разработки и перспективность на российском рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект» [30].

«В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по 100 балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1» [30].

Оценочная карта для сравнения конкурентно-технических разработок представлена в таблице 1.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентно-технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
Показатели оценки качества разработки					
Надежность	0,1	50	100	0,5	0,05
Безопасность	0,1	50	100	0,5	0,05
Простота эксплуатации	0,2	75	100	0,75	0,15
Конкурентоспособность услуги	0,1	25	100	0,25	0,025
Уровень проникновения на рынок	0,1	25	100	0,25	0,025
Стоимость услуги	0,1	25	100	0,25	0,025
Предполагаемый срок реализации	0,1	25	100	0,25	0,025
Наличие сертификации разработки	0,2	82	100	0,82	0,164
ИТОГО	1	182		1,82	0,264

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где,  $P_{ср}$  – средневзвешенное значение показателя качества, перспективы научной разработки,  
 $B_i$  – вес показателя (в долях единицы),  
 $B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{ср}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{ср}$  получилось от 100 – 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего.

Опираясь на полученные данные можно сказать, что в городе Томске заметна крайне низкая перспектива пожаротушения. Надзорные органы в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения от ЧС природного и техногенного характера не позволяют обеспечить надлежащий уровень надзора за их противопожарным состоянием.

Необходимо признать систему независимой оценки рисков в области пожарной безопасности гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в России, которая позволит в оптимальные сроки, решить проблемы пожарной безопасности на объекте защиты.

Также по результатам анализа эффективности предложенных технических решений пожаротушения получить рекомендации по приоритетным направлениям внедрения систем обеспечения пожарной безопасности, что делает этот процесс наиболее комфортным и выявлять нарушения в области безопасности пожаротушения.

### **3.3 Экономическое обоснование разработанных решений**

Целью экономической части магистерской диссертации является расчет затрат на ликвидацию пожара с использованием пеногенератора

«Алант-6» и с использованием устройства оперативной врезки интегрированным.

Выполним расчет экономического ущерба предприятию в случае пожара.

В процессе тушения пожара возникшего на 30 РВС 5000, на установке подготовки нефти «Покровская» был применен генератор пены типа Атлант-6.

Суммарные затраты на ликвидацию пожара определяем по формуле:

$$П = С + У \quad (2)$$

где П – суммарные затраты;

С – стоимость огнетушащих средств и работы передвижной техники; У- возможный ущерб от пожара.

Цена тонны пенообразователя ПО-6-ТС «Мультипена» составляет Ц = 35000 руб. Цена 1 тонны нефтепродукта – Ц = 300 000 руб.

Цена 1 тонны воды:

$$Ц = 1,5 \text{ руб} * 2000 \text{ л} = 3000 \text{ руб.}$$

То есть принимаем 1 тн = 1 м<sup>3</sup>.

Так как возгорание в резервуаре пламя будет занимать площадь зеркала 408 мм<sup>2</sup>. Дальнейший рост площади пожара происходить не будет. При этом будет использоваться (согласно расчетам) 13 автоцистерн и 2 автомобиля пенного тушения, а так же использование огнетушащих веществ:

- вода – 40608 л
- пенообразователь ПО-6-ТС «Мультипена» – 2592 л.

Стоимость использования работы пожарной техники на пожаре:

$$C_{\text{тех}}^{\text{общ}} = C_{\text{ац}} + C_{\text{авт}}, \quad (3)$$

где,  $C_{\text{тех}}^{\text{общ}}$  – общая стоимость работ пожарной техники (в рублях);



$C_{\text{ац}}$  – стоимость работы автоцистерн;

$C_{\text{апт}}$  – стоимость работы автомобиля пенного тушения;

$$C_{\text{ац}} = C_{\text{топ}} + C_{\text{см}} \quad (4)$$

где,  $C_{\text{топ}}$  - расход топлива (л) на 1 минуту работы с насосом равен АЦ – 0,285 л/час = 17,1 л/час. С учётом расчетного времени пожара топлива составит– 51,3л бензина на 1 АЦ.

Для тринадцати автоцистерн:

$$C_{\text{топ}} = 51,3 \cdot 13 = 666,9 \text{ л} = 0,6669 \text{ м}^3 \quad (5)$$

Стоимость 1 тонны бензина АИ-92=39800 руб. Следовательно,  $0,6669 \text{ м}^3$   
= 19907 руб.

$$C_{\text{см}} = 0,25 \cdot C_{\text{топ}} \quad (6)$$

$$C_{\text{см}} = 4976,7 \text{ руб.}$$

Отсюда:

$$C_{\text{ац}} = 19907 + 4976,7 = 24883 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ац}} = C_{\text{топ}} + C_{\text{см}}$$

где,  $C_{\text{топ}}$  – для АЛЗ0 = 22 л/час .С учетом расчетного времени пожара расход топлива составит -66л дизельного топлива на 1 АЛЗ0 для двух АЛЗ0:

$$C_{\text{топ}} = 66 \cdot 2 = 132 \text{ л} = 0,132 = 3960 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{см}} = 0,25 \cdot 3960 = 990 \text{ руб.}$$

Отсюда:

$$C_{\text{ал}} = 3960 + 990 = 4950 \text{ руб.}$$

Тогда:

$$C_{\text{тех}}^{\text{общ}} = 24883 + 4950 = 29883 \text{ руб.}$$

Далее таким же образом произведем расчет затрат на тушение пожара до ведения генератора пены «Атлант –б»

$$C_{\text{топ}}66 = 264\text{л} = 0,264 \text{ м}^3 = 7\,920 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{см}} = 0,25 \cdot 7920 = 1980 \text{ руб}$$

Отсюда:

$$C_{\text{ац}} = 7920 + 1980 = 9900 \text{ руб.}$$

Тогда:

$$C_{\text{тех}}^{\text{общ}} = 22800 + 9900 = 32700 \text{ руб.}$$

Рассчитаем стоимость израсходованных огнетушащих веществ.

Пенообразователя ПО-6-ТС «Мультипена»:

$$C^{\text{по}} = W^{\text{по}} + Ц^{\text{по}} \quad (8)$$

где,  $Ц^{\text{по}}$ -цена 1 тонны пенообразователя:

$W^{\text{по}}$ - количество пенообразователя в тоннах.

$$C^{\text{по}} = 2,6 \cdot 35000 = 91000 \text{ руб.}$$

Воды:

$$C^{\text{вод}} = W^{\text{вод}} + Ц^{\text{вод}} \quad (9)$$

где,  $W^{\text{вод}}$  -количество воды в тоннах

$Ц^{\text{вод}}$ -цена 1 тонны воды

$$C^{\text{вод}} = 40,6 \cdot 3000 = 121800 \text{ руб.}$$

Общая стоимость огнетушащих веществ:

$$C_{\text{тех}}^{\text{об}} = C^{\text{по}} + C^{\text{вод}} \quad (10)$$

$$C_{\text{тех}}^{\text{об}} = 91\,000 + 121\,800 = 212\,800 \text{ руб.}$$

До внедрения пеногенератора:

$$C^{\text{по}} = 3,9 \cdot 35000 = 136500 \text{ руб.}$$

$$C^{\text{вод}} = 60,9 \cdot 3000 = 182\,700 \text{ руб.}$$

Общая стоимость огнетушащих веществ до внедрения пеногенератора:

$$C_{\text{тех}}^{\text{об}} = 136500 + 182700 = 319200 \text{ руб.}$$

Вычислим разницу расходов на тушения пожара в резервуарном парке нефтепродуктов УПН «Покровка» с применением генератора пены «Атлант-б».

$$\Delta \text{Расх.} = 319\,200 - 212\,800 = 106\,400 \text{ руб.}$$

Косвенный ущерб,  $P_{\text{кв}}$ , в следствии аварии рекомендуется определять как сумму недополученной прибыли,  $P_{\text{н.п.}}$ , сумму израсходованной заработной платы и части условно-постоянных расходов (ценовых и общезаводских) за период аварии и восстановительных работ, убытков вызванных уплатой различных неустоек, штрафов, пени,  $P_{\text{ш}}$ , а так же убытки третьих лиц из-за недополученной прибыли.

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{н.п.}} + P_{\text{з.п.}} + P_{\text{ш}} + P_{\text{н.т.п.л.}} \quad (11)$$

где,  $P_{\text{з.п.}}$  – заработная плата и условно-постоянные расходы за время простоя объекта;

$P_{\text{н.п.}}$  - прибыль недополученная за период простоя объекта;

$P_{ш}$  – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пени;

$P_{н.т.п.л.}$  – убытки третьих лиц из-за недополученной прибыли.

Заработная плата и условно-постоянные расходы за время простоя объекта:

$$P_{з.п.} = (V_{зп} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{п} \quad (12)$$

где,  $V_{зп}$  – заработная плата сотрудников предприятия, руб/день;

$A$  – доля сотрудников, не использованных на работе (отношение числа сотрудников, не использованных на работе по причине простоя, к общей численности сотрудников);

$V_{уп}$  – условно-постоянные расходы, руб/день;

$T_{п}$  – продолжительность простоя объекта, дни.

Недополученной прибыли в результате простоя предприятия,  $P_{н.п.}$ , в результате аварии рекомендуется по формуле:

$$P_{н.п.} = \sum_{i=1}^n n \cdot \Delta Q_i \cdot (S_i \cdot B_i) \quad (13)$$

где,  $n$  – количество видов новопроизведённого продукта (услуги);

$S_i$  – средняя оптовая стоимость (отпускная цена) единиц  $i$ -го новопроизведённого продукта на дату аварии, руб;

$B_i$  – средняя себестоимость единиц  $i$ -го новопроизведённого продукта на дату аварии:

$\Delta Q_i$  – объем  $i$ -го вида продукта, новопроизведённых из-за аварии.

Объем  $i$ -го вида продукта, новопроизведённых из-за аварии так же находится по формуле:

$$\Delta Q_i = (Q_i^0 - Q_i^1) \cdot T_{n,pi} \quad (14)$$

где  $Q_i^0$  – средний дневной(месячный, квартальный, годовой) объем выпуска  $i$ -го вида продукта до аварии;

$Q_i^1$  – средний дневной (месячный, квартальный, годовой) объем выпуска  $i$ -го вида продукта после аварии;

$T_{n,pi}$  – время, необходимое для ликвидации повреждений и разрушений, восстановлений объемов выпуска продукции на доаварийном уровне.

В случае решения эксплуатирующей организации не восстанавливать опасный производственный объект до исходного состояния, показатели  $T_{зп}$  и  $T_{нп}$  можно определить исходя из годовой прибыли организации. Однако в этом случае ущерб организации, связанный с повреждением (уничтожением) основных фондов, товарно-материальных ценностей, и косвенный ущерб в сумме не должны превышать рыночной стоимости данного объекта в доаварийном состоянии.

Убытки, вызванные уплатой различных штрафов, пени и п.р.,  $\Pi_{ш}$ , можно определить как сумму различных штрафов, пени и прочих санкций, наложенных на предприятие вследствие срыва сроков поставки, контрактов или других обязательств, не выполненных из-за аварии на опасном производственном объекте.

Косвенный ущерб для третьих лиц, как правило, рассчитывается аналогично убыткам предприятия по данному показателю.

Источниками информации для оценки потерь от простоя в результате аварии могут являться материальные расследования технических причин аварии, экономико-статистические показатели отрасли и организации, счета сторонних организаций, иски, штрафы, пени за невыполнение договорных обязательств организации, пострадавшей от аварии.

Известно, что на предприятии средняя заработная плата производственных рабочих  $V_{зп1}$ , составляет 30 тыс.руб/мес.(1000 руб/ден.); число сотрудников, не использованных на работе в результате простоя,

составляет 25 чел.; часть условно-постоянных расходов  $V_{зп1}$ , составляет 25 тыс.руб/день.

Величина  $\Pi_{зп}$ , обозначает сумму израсходованной зарплаты и части условно-постоянных расходов, при  $T_{пр} = 15$  дней, составит:

$$\Pi_{зп} = (1000 \cdot 25 + 12000) \cdot 15 = 555000 \quad (31)$$

Разница между отпускной ценой продукции и средней себестоимостью единицы новопроизведённого продукта на дату аварии составило 1500 руб., 1000 руб. для каждого вида новопроизведённого продукта соответственно. Время необходимое для ликвидации повреждений и разрушений. Восстановления объемов производства на доаварийном уровне составит 30, 15 дней. Разница между объемами среднего дневного выпуска каждого вида продукции до аварии и среднего дневного выпуска продукции после аварии составляет 500, 250т.

Таким образом, недополученная в результате прибыль составит:

$$1500 \cdot 30 \cdot 100 + 1000 \cdot 15 \cdot 250 = 8250000 \text{ тыс. руб.} \quad (15)$$

Убытки, вызванные уплатой различных штрафов, пени и пр.,  $\Pi_{ш}$ , не учитываются, так как никаких штрафов на предприятие не накладывалось.

Так как соседние организации не пострадали от аварии, недополученная прибыль третьих лиц не рассматривается.

Таким образом, косвенный ущерб будет равен:

$$\Pi_{кв} = 55000 + 8250000 = 8805000 \text{ тыс. руб.} \quad (16)$$

Исходя из расчетов видно, что предприятие несет большие материальные потери. Время, необходимое для ликвидации повреждений и разрушений, восстановление объемов выпуска продукции на доаварийном

уровне составит 30-15 дней. Разница между объемами среднего дневного выпуска каждого вида продукции до аварии с среднего дневного выпуска продукции после аварии составляет 500-250 тонн, вследствие чего, стоит принимать методы тушения пожара которые снизят затраты на ликвидацию или возникновения пожара. Использование генератор пены типа Атлант-6 снизит расходы на тушения пожара в резервуарном парке. Экономическая выгода на тушение одного пожара будет составлять 106 400 руб.

### Выводы по разделу 3

В третьем разделе «Современные разработки инженерно-технических и организационных мероприятий повышения эффективности пожарной безопасности при сливноналивных работах» рассмотрены работы по минимизации времени тушения пожара с точки зрения материальных затрат и затрат. Для обеспечения безопасности пожарной команды, привлекаемой к тушению пожара. Рассмотрены усовершенствования и усовершенствования существующих технологий подслоного пожаротушения.

Анализ существующей системы резервуаров, современные средства крепления подачи пены в резервуары, методические указания по тушению пожаров в резервуарах и резервуарных парках, методы расчета и экспериментальные данные по применению пленкообразующих пен низкой кратности при использовании пены типа Атлант-6 генераторы Установка врезных встроенных устройств для пожаротушения и подключения баков.

Разработаны способы тушения пожаров в резервуарах, позволяющие объединить пену низкой кратности в слой горючей жидкости и выявить факторы, определяющие эффективность тушения пен низкой, средней и высокой кратности на поверхности.

Произведена эмпирическая оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности при сливноналивных работах Покровской УПН ЦППН-1.

Так же рассчитана экономическая целесообразность применения технических решений.



## Заключение

Тема магистерской диссертации – Анализ пожарной безопасности резервуарных парков при проведении сливноналивных работ и разработка инженерно-технических и организационных мероприятий на примере Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть».

**Во введении** отражается актуальность темы исследования, определяется объект, предмет, цель, ведущая идея, выдвигается гипотеза и формулируются задачи работы, характеризуются научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследования.

В первом разделе «Анализ пожарной безопасности резервуарных парков при проведении сливноналивных работ и разработка инженерно-технических и организационных мероприятий на примере Покровской УПН ЦППН-1» рассматривается анализ пожаров в резервуарных парках при сливноналивных работах на территории РФ.

Необходимость в разработке модернизированных средств пожаротушения, применения инновационных оборудования, позволяющего своевременно предотвращать развитие очага пожара.

Рассматриваются существующие на сегодняшний день резервуары и способы их тушения различными огнетушащими веществами.

Приводятся основные недостатки применяемых способов тушения пожаров на резервуарах и проблемные вопросы, с которыми сталкиваются участники тушения пожара.

Проведена общая характеристика Покровской УПН ЦППН-1.

Во втором разделе «Теоретическое исследование процесса возникновения, ликвидации чрезвычайных ситуаций при проведении сливноналивных работ на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть» рассмотрены процессы возникновения, ликвидации чрезвычайных ситуации и проектирование системы пожарной безопасности при сливноналивных работах в мировой практике и непосредственно на

объекте на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть».

В разделе так же рассмотрены типовые чрезвычайные ситуации Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть» при сливо-наливных работах.

Считается, что основным (а в отдельных случаях и единственным) средством тушения пожаров нефтепродуктов является воздушно-механическая пена. К сожалению, на сегодняшний день более эффективного средства тушения человечеством не придумано. Крупные пожары последних лет в России, США и Европе были ликвидированы только после применения пены, а именно пены, приготовленной на основе специальных пенообразователей [2].

Для тушения пожаров на предприятиях предлагается оснастить резервуары с нефтепродуктами и топливом системами автоматического пожаротушения. В третьем разделе «Современные разработки инженерно-технических и организационных мероприятий повышения эффективности пожарной безопасности при сливноналивных работах» рассмотрены работы по минимизации времени тушения пожара с точки зрения материальных затрат и затрат. Для обеспечения безопасности пожарной команды, привлекаемой к тушению пожара. Рассмотрены усовершенствования и усовершенствования существующих технологий подслоного пожаротушения.

Анализ существующей системы резервуаров, современные средства крепления подачи пены в резервуары, методические указания по тушению пожаров в резервуарах и резервуарных парках, методы расчета и экспериментальные данные по применению пленкообразующих пен низкой кратности при использовании пены типа Атлант-6 генераторы Установка врезных встроенных устройств для пожаротушения и подключения баков.

Разработаны способы тушения пожаров в резервуарах, позволяющие объединить пену низкой кратности в слой горючей жидкости и выявить

факторы, определяющие эффективность тушения пен низкой, средней и высокой кратности на поверхности.

Произведена эмпирическая оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности при сливоналивных работах Покровской УПН ЦППН-1.

Так же в разделе рассчитана экономическая целесообразность применения технических решений.

В заключении представлены основные результаты поставленных задач исследования и сделаны следующие выводы:

- проведен анализ пожаров в резервуарных парках при сливоналивных работах на территории РФ, возможные ЧС на резервуарном парке Покровской УПН ЦППН-1 АО «Оренбургнефть», анализ патентов на тушение нефти и нефтепродуктов, проведен выбор наиболее эффективного метода тушения пожаров в резервуарном парке АО «Оренбургнефть». Необходимость разработки модернизированных средств пожаротушения, применения инновационных оборудования, позволяющих своевременно предотвращать развитие очага пожара. Опыт эксплуатации автоматических систем пожаротушения и анализ произошедших пожаров показывает низкую эффективность противопожарного оборудования;
- проведен анализ решения проблемы тушения пожаров нефтепродуктов в резервуарах связывать с использованием способа подачи пены в слой горючего. Систематические исследования по тушению пожаров пеной низкой, средней и высокой кратности позволили разработать новый комбинированный способ пожаротушения резервуаров повышенной вместимости.

## Список используемых источников

1. Бард, В.Л. Предупреждение аварий в нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах. М.: Химия, 1984. 248 с.
2. Беляев, Б.И. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. М.: Стройиздат, 1968. 206 с.
3. Брусневич, Х. Пожары резервуаров с нефтепродуктами – факты и опыт. М.: Недра, 1986. 134 с.
4. Волков, О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 398 с.
5. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия [Электронный ресурс]: межгосударственный стандарт (введ. в действ. Приказом Росстандарта от 31.08.2016 г. № 982-ст) // СПС КонсультантПлюс. Электрон. Дан. М., 2019. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.
6. Даниленко, О.В. Теоретико-методологические аспекты подготовки и защиты научно-исследовательской работы учебно-методическое пособие. Москва : ФЛИНТА, 2016. 182 с.
7. Демехин, Ф.В. О проблеме тушения пожаров в резервуарах с кольцевой защитной стенкой / Ф.В. Демехин, А.А. Таранцев, Д.И. Белов // Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России. 2013. № 2. С. 68-75.
8. Демехин, Ф.В. Проблемы обеспечения пожарной безопасности резервуаров с защитной стенкой / Ф.В. Демехин, А.А. Цой // Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России. 2015. № 1. С. 34-40.
9. Калагина Ю.М. Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <http://scienceforum.ru/2017/article/2017030219> (дата обращения: 15.05.2021).

10. Кандаков, Г.П. Анализ причин аварий вертикальных цилиндрических резервуаров/ Г.П. Кандаков, В.В. Кузнецов, М.И. Лукиенко // Трубопро-водный транспорт. 1995. № 4. С. 6-7.

11. Кондрашова, О.Г. Причинно-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров / О.Г. Кондрашова, М.Н. Назарова [Электронный ресурс] Нефтегазовое дело. 2004. № 2. URL: [http://www.ogbus.ru/files/ogbus/authors/Kondrashova/Kondrashova\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/files/ogbus/authors/Kondrashova/Kondrashova_1.pdf) (дата обращения: 15.05.2021).

12. Кукушкина В. В. Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров) учеб. Пособие. Москва : ИНФРА-М, 2018. 264 с. : ил.

13. Методология эксперимента : учеб. пособие / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер. М. : ИНФРА-М, 2017. 162 с.

14. Научная деятельность студентов: системный анализ : монография / В.В. Байлук. М. : ИНФРА-М, 2018. 145 с.

15. Пат. № WO2011105926A1 Способ и устройство для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах МПК А62С3 / 065. Авторы: Владимир Иванович Селиверстов, Дата международной подачи 14 декабря 2010. Дата международной публикации: 01 сентября 2011.

16. Пат РФ № RU2534311C1 Способ тушения горящих фонтанов на газовых, нефтяных и газонефтяных скважинах и устройство для его осуществления МПК E21B 35/00 (2006.01) A62C 2/00 (2006.01) A62C 35/02 (2006.01) Авторы Бахарев В.А. Заявка: 2013138772/03. Дата подачи заявки: 20.08.2013. Опубликовано: 27.11.2014 Бюл. № 33.

17. ПБ 03-381-00. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]: отраслевые технические нормы (утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 27.09.2000 г. № 55) // СПС КонсультантПлюс. – Электрон. Дан. – М., 2019. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

18. ПБ 03-605-03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]: отраслевые технические нормы (утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 09.06.2003 г. № 76) // СПС КонсультантПлюс. – Электрон. Дан. – М., 2019. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

19. Пожарная безопасность нефтебаз, резервуарных парков, складов нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]: ФГБУ ВНИИПО МЧС РОССИИ, 2021 URL: <http://www.ervist.ru/stati/pozharnaya-bezopasnost-neftebaz-rezervuarnyh-parkov-skladov-nefti-i-nefteproduktov.html> (дата обращения: 21.02.2021).

20. Прохоров, В.А. Оценка параметров безопасности эксплуатации нефтехранилищ в условиях Севера / В.А. Прохоров. М.: Недра-Бизнесцентр, 1999. 142 с.

21. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности и тактике тушения пожаров в резервуарах на свайных основаниях для условий Западной Сибири и Крайнего Севера. Тюмень, 2017. 33 с.

22. Рекомендации по предупреждению и тушению пожаров в резервуарах с понтоном и плавающей крышей. М., 2015. 28 с.

23. Руководство по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]: руководство (введ. в действ. Приказом Ростехнадзора от 26.12.2012 г. № 780) // СПС КонсультантПлюс. Электрон. Дан. М., 2019. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

24. Сафарян, М.К. Современное состояние резервуаростроения и перспективы его развития : экспресс-информ. / М.К. Сафарян. М.: ЦНИИТЭнефте-хим: Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 1972. 82 с.

25. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: свод правил (утв. Приказом

МЧС России от 26.12.2013 г. № 837) // СПС КонсультантПлюс. Электрон. Дан. М., 2019. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

26. Тушение нефти и нефтепродуктов: Пособие / Безродный И.Ф., Гилетич А.Н., Меркулов В.А. и др. М.: ВНИИПО, 2016. 216 с.

27. Kim H. and Chun J., «The Recoiling of Liquid Droplets upon Collision with Solid Surfaces,» *Physics of Fluids*, vol. 13, no. 3, 2001, pp. 643–658.

28. Liu, Z., Kim, A.K., Carpenter, D. et al. Extinguishment of Cooking Oil Fires by Water Mist Fire Suppression Systems. [Электронный ресурс]: *Fire Technology* 40, 309–333 (2015). URL: <https://doi.org/10.1023/B:FIRE.0000039161.18616.86> (дата обращения: 21.02.2021).

29. Mundo C., Sommerfeld M., and Tropea C., «On the Modeling of Liquid Sprays Impinging on Surfaces,» *Atomization and Sprays*, vol. 8, 2018, pp. 625–652.

30. Quad: Traceability & Advanced repair loop System [Электронный ресурс]: 1993-2021 Aster All Rights Reserved. URL: <https://aster-technologies.com/en/products/quad/>(дата обращения: 21.02.2021).

31. Wang A. and Chen C., «Splashing Impact of a Single Drop onto Very Thin Liquid Films,» *Physics of Fluids*, vol. 12, no. 9, 2016, pp. 2155–2159.