

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Совершенствование инженерно-технических мероприятий и организационных алгоритмов действий ГПС при тушении пожаров в резервуарных парках (на примере нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»)

Студент

А.И. Свистунов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, А.В. Щипанов

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

Тольятти 2021

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения.....	9
Перечень сокращений и обозначений.....	10
1 Характеристика нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»	11
1.1 Общие сведения об объекте.....	11
1.2 Описание технологического процесса НПС «Самара-2»	16
1.3 Сведения об инженерных коммуникациях и системе обеспечения пожарной безопасности.....	17
1.4 Особенности тушения пожаров в резервуарных парках.....	21
1.5 Выбор методов и направления исследования.....	27
2 Анализ и оценка пожарной безопасности на нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»).....	28
2.1 Данные статистики о пожарах на объектах нефтехимии.....	28
2.2 Анализ тушения условного пожара в резервуарном парке нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2.....	32
2.3 Анализ пожарной безопасности при осуществлении деятельности объекта.....	52
3 Внедрение современных средств защиты и обеспечения ПБ в резервуарных парках (на примере станции НПС «Самара-2»).....	54
3.1 Разработка алгоритмов действий.....	54
3.2 Выбор технических решений в области пожарной безопасности	63
3.3 Внедрение автоматизированных систем по управлению тренировочным комплексом как способ минимизации ошибок.....	79
Заключение.....	88
Список используемых источников.....	92

Введение

В России наблюдается развитие нефтехимической промышленности, поскольку это многофункциональный сырьевой комплекс, играющий важнейшую роль в государственной экономике. Активно развиваются и новые направления, происходит улучшение производственных процессов и увеличение объемов производства тяжелого машиностроения, фармацевтики, авиа и ракетостроения, и других отраслей экономики. Предприятия нефтехимической промышленности также производят сырье для оборонной промышленности, инновационной электроники, сельского хозяйства. Основные материалы, производимые из сырья нефтепродукта – пластмассы, топливо, лаки и краски, удобрения различных видов и состава.

Основным стратегическим направлением деятельности нефтехимического комплекса России является широкомасштабное снабжение и полное обеспечение сырьевыми ресурсами отраслей экономики для увеличения конкурентоспособности изготавливаемой и производимой продукции. В случае снижения и спада производимого сырья нефтехимической промышленности, прогнозируется отставание нашей страны по сравнению с другими в мировой экономике. Этот процесс и обуславливает наращивание масштабов нефтехимических ресурсов и роста предприятий рассматриваемой категории. Для поддержания конкурентоспособности на мировом уровне – это сохранение качества сырья, а также увеличение ассортимента.

Отдельная группа объектов нефтехимического комплекса – это резервуарные парки. Это комплекс или система различных резервуаров для хранения, перекачки нефтепродукта. Технически резервуарные парки должны обеспечивать бесперебойную и функциональную работу технологического процесса трубопроводов и магистралей. Но с точки зрения пожарной безопасности, это большое количество сосредоточенного на

определенной территории взрывопожароопасного вещества как для деятельности и жизни людей, так и для экологии и окружающей среды.

Учитывая, что, ежедневно резервуарный парк рассматриваемой нефтебазы – это самостоятельное предприятие или объект, предназначенный для содержания и хранения любого производимого количества нефтепродукта. Кроме того, к функциональному значению рассматриваемого объекта можно причислить использование необходимого запаса нефтепродуктов для использования технологических процессов. Согласно специфике своего назначения и функционального устройства, резервуарные парки могут быть как для хранения нефтепродуктов, так и для их перекачки. Кроме того, резервуарный парк может быть как подземным, так и наземным согласно способам размещения резервуаров и резервуарных парков. Зачастую, основу резервуаров выполняют из железобетона, поскольку рассматриваемый материал обладает высокой прочностью, а облицовку - из стальных листов. Наземные резервуары, как правило, проектируются и выполняются в виде горизонтальных строений, из стали высокого качества со стационарной или плавающей крышей. Для каждого такого объекта, как наземный резервуар для нефтепродукта, должны быть соблюдены такие условия, как компоновка каждого резервуара, или резервуарного парка. Также необходимо уделить внимание, проектированию обвалования резервуаров. Обвалование должно быть замкнутым, не менее 0,5 м шириной, с сохранением гидростатического давления используемой и обращающей в производстве жидкости. Расстояния, схема расположения резервуаров всецело зависят от параметров объекта и оборудования, конкретно – это категория резервуарного парка, объем и количество хранимого вещества, специфика планировки парка, наличие технологического процесса, мете обстановка, рельеф местности и характеристика территории.

Резервуарный парк – система связанных между собой резервуаров и емкостей, используемых для хранения нефтепродуктов. Расчет проектирования начинается с отдельного резервуара, а далее, по всему

резервуарному парку на основании генерального плана архитектурной части, далее предлагается монтаж работ. Группы резервуаров оснащаются системами автоматизации согласно взрывоопасному характеру процесса, защитными системами, средствами защиты, устройствами запорной арматуры.

Актуальность и научная значимость настоящего исследования состоит в том, что пожары на объектах нефтехимии – одни из самых сложных и затяжных в процессе непосредственного их тушения, поскольку химические свойства нефти не позволяют ликвидировать пожар водой. Кроме того, сложность тушения таких объектов обусловлена наличием технологического процесса на большой занимаемой им территории.

Объект исследования: нефтеперекачивающая станция НПС «Самара-2».

Предмет исследования: тактика тушения пожаров в резервуарных парках.

Цель исследования: совершенствование инженерно-технических мероприятий и организационных алгоритмов действий ГПС.

Гипотеза исследования состоит в том, что, если:

- проанализировать действующие нормы ПБ, тактические методы действий по тушению пожаров и данные объекта - нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»;
- осуществить патентный поиск технических средств, устройств и методов тушения пожара на объектах нефтехимии, можно выявить особенности, слабые стороны в области тушения пожара этого объекта, а также разработать пути повышения эффективности функционирования пожарных подразделений по тушению пожаров.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- сбор и обобщение сведений о рассматриваемом объекте - резервуарном парке нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2:

инженерно-техническая характеристика здания, технологического процесса, специфики противопожарной защиты объекта;

- анализ пожаров объектов нефтехимии, сравнение результатов, выявление особенностей и общих закономерностей тушения пожара на объектах нефтехимии, резервуарных парках;
- выявление особенностей по расчету наихудших вариантов и аварийных ситуаций на нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2» с подробным анализом действий личного состава;
- поиск инженерно-технических мероприятий и технических устройств по использованию в непосредственном тушении возникшего пожара;
- подведение итогов работы, обобщение данных анализа особенностей тактики тушения пожара нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2» пожарными подразделениями.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: нормативно-правовая документация в области проектирования, строительства, функционирования и пожаротушения объектов нефтехимии, техническая документация объекта, научные статьи и документы полезных моделей и изобретений инженерно-технических мероприятий и организационных алгоритмов действий ГПС.

Базовыми для настоящего исследования явились также: актуальные на 27.03.2021 данные о функционировании объекта, характеристике технологического процесса объекта нефтехимии, данные боевого устава подразделений пожарной охраны, анализ пожаров и аварийных ситуаций, произошедших в резервуарных парках нефтепродуктов.

Методы исследования: теоретический, поисковый, аналитический, расчета, эмпирический, статистический, моделирование.

Опытно-экспериментальная база исследования проводилась на базе Института инженерной и экологической безопасности Тольяттинского Государственного Университета.

Научная новизна исследования заключается в:

- выявлении и конкретизации основных этапов организации тушения пожаров на объектах нефтехимии, а также сформулированы алгоритмы основных действий при решении тактических действий на пожаре;
- предложении сценариев и тактических методов для организации тушения пожара на объектах нефтехимии, а также непосредственно на нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»;
- предложении некоторых технических устройств для оптимального и рационального решения тушения пожара, которые позволяют сократить время локализации, ликвидации возникшего пожара на объекте.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- обобщении сведений о рассматриваемом объекте - резервуарном парке нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»;
- анализе пожаров объектов нефтехимии, сравнении результатов, выявлении особенностей и общих закономерностей тушения пожара на объектах нефтехимии, резервуарных парках;
- выявлении особенностей по расчету наихудших вариантов и аварийных ситуаций на нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2 с подробным анализом действий личного состава;
- выборе инженерно-технических мероприятий и технических устройств по использованию в непосредственном тушении возникшего пожара;
- обобщении данных анализа особенностей тактики тушения пожара нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2» пожарными подразделениями.

Практическая значимость исследования состоит в рекомендации к применению инженерно-технических мероприятий и организационных

алгоритмов действий ГПС при тушении пожаров в резервуарных парках (на примере нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»).

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- фактическими данными актуальных информационных источников по теме исследования в сфере пожаротушения объектов нефтехимии;
- системной проработкой проблемы обеспечения пожарной безопасности зданий объектов нефтехимии, резервуарных парков на всех этапах, начиная от профилактики до тактики тушения крупного пожара;
- методическими рекомендациями и рекомендательными документами МЧС России, компетенция которых затрагивает здания объектов нефтехимии, резервуарных парков;
- глубиной исследования основных концепций ныне действующих тактических методов и приемов ликвидации ЧС и пожаров.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 9 рисунков, 2 таблицы, список используемых источников (38 источников). Основной текст работы изложен на 93 страницах.

Термины и определения

Каре резервуаров – площадка для размещения резервуаров с нефтепродуктом, в конструкцию которой также входят технологические трубопроводы, а также средства противопожарной защиты

Нефтеперекачивающая станция – узловая точка транспорта технологического трубопровода нефтепродуктов, используемая для их перемещения для дальнейшей обработки и использования в качестве сырья.

Пеноподъемник – техническое устройство для подачи пенообразователя при тушении пожара в резервуарах.

Резервуарный парк – самостоятельное предприятие или объект, предназначенный для содержания и хранения любого производимого количества нефтепродукта.

Тушение пожаров – комплекс взаимосвязанных действий, методов и тактических приемов личного состава пожарной охраны, направленных на ликвидацию пожара в кратчайшие сроки с наименьшими потерями, первоочередной задачей которого является спасения жизни людей или доведение до минимума влияния опасных факторов пожара на людей.

Перечень сокращений и обозначений

АПС – автоматическая пожарная сигнализация

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения

АЦ – автоцистерна

ВАОЭ - взрывобезопасный асинхронный обдуваемый электродвигатель

ВПГ – высоконапорный пеногенератор

ГПС – генератор пены средней кратности

ГСМ – горюче-смазочный материал

ДПД – добровольная пожарная дружина

ЖБР – железобетонный резервуар

ИПР – извещатель пожарный ручной

КНП - камера пены низкой кратности

ЛПДС – линейная производственно-диспетчерская станция

ОФПС – отряд федеральной противопожарной службы

НПС – нефтеперекачивающая станция

НП ССН – нефтеперекачивающая станция смешения нефти

ПНС – пожарно-насосная станция

ПСЧ – пожарно-спасательная часть

РВСПК - стальные вертикальные резервуары с плавающей крышей

РНУ – Российский новый университет

СТД - синхронный трехфазный двигатель

ЦНСА – центробежный насос секционный автоматики

1 Характеристика нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»

1.1 Общие сведения об объекте

Нефтеперекачивающая станция «Самара-2» территориально располагается на территории Самарской области в Кинельском районе, немного юго-восточнее п. Просвет. Юго-западнее в 1,5 км находится с. Домашкины Вершины. Южнее в 9 км с. Парфеновка. Севернее 15 км г. Роцинский. Западнее в 600 метрах проходит автодорога Самара-Оренбург. На рисунке 1 приведено изображение объекта НПС «Самара-2».



Рисунок 1 – Фото объекта НПС «Самара-2»

Нефтеперекачивающая станция «Самара-2» предназначена для перекачивания нефти по магистральному нефтепроводу «Куйбышевск - Лисичанск», до станции «Любецкая», расположенной на трубе.

НПС «Самара-2» входит в состав производственной площадки «Самара», Самарского РНУ. Ежедневно в дневное время на объекте пребывает 30 человек, ночью - 6 человек.

Площадь НПС «Самара-2» – 28,45 га. Данный объект охраняется подразделениями 8 отряда ФПС:

- 43 ПСЧ по охране НП ССН;
- 44 ПСЧ по охране НПС «Самара-1», «Самара-2»;
- 74 ПСЧ по обслуживанию линейной части нефтепроводов ОАО «Приволжск нефтепровод»;
- 45 ПСЧ по охране ЛПДС «Лопатино» КРУ «Дружба». На рисунке 2 изображена схема планировки станции НПС «Самара-2».

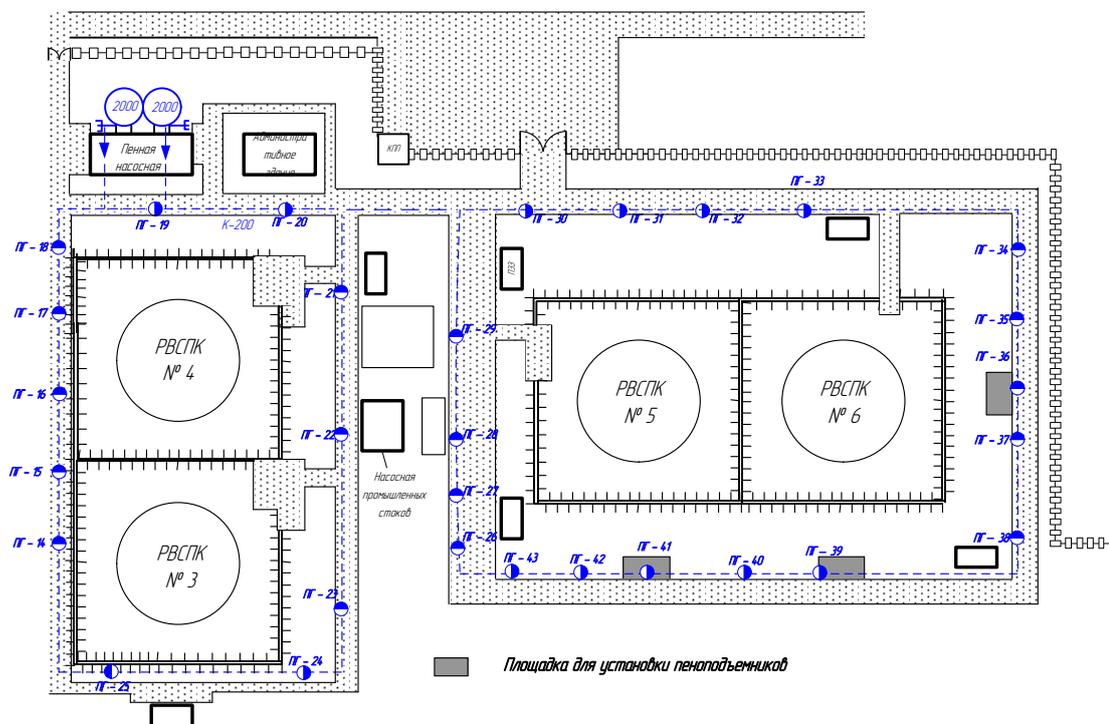


Рисунок 2 – Схема планировки станции НПС «Самара-2»

На площадке НПС «Самара-2» организована добровольная пожарная дружина в количестве 8 человек. Все работники ДПД обеспечены боевой одеждой и средствами индивидуальной защиты органов дыхания (фильтрующие противогазы с коробками «А», «БКФ»).

На территории НПС «Самара-2» находятся объекты:

- Подпорная насосная нефти;
- Магистральная насосная нефти с операторной;
- Резервуарный парк (6 шт. – РВСПК-50000 м³);
- Емкость сбора утечек – горизонтальная с погружным насосом: 40 м³ – 1 шт;
- Резервуары противопожарного запаса воды РВС-2000 – 2 шт
заглубленный резервуар противопожарного запаса воды ЖБР – 1000 м³
– 1 шт;
- Административно-бытовой корпус;
- Технологические трубопроводы, задвижки;
- Насосная станция пожаротушения резервуарного парка, магистральной насосной нефти;
- Система измерений и показателей качества нефти соответствующего месторождения (служит и предназначена для непосредственной регистрации измерений показателей расхода массы нефтепродукта);
- Камера регулирования давления;
- Узел регулирования давления;
- Емкость для сброса раствора пенообразователя 1 шт;
- Фильтры грязеуловители № 1,2,3,4,5;
- Система сбросных пружинных предохранительных клапанов
- Канализационная насосная бытовых стоков – 1 шт;
- Канализационная насосная промышленных стоков – 3 шт.

Вне основной территории располагается объект 8 отряда федеральной противопожарной службы 44 пожарно-спасательная часть. Резервуары предназначены для обеспечения функционирования бесперебойного технологического процесса нефтяных насосных систем для последующей подачи и направления ее на всасывающие линии других устройств. Данная площадка расположена и представлена 6 резервуарами, где номинальная емкость составляет 300 000 м³.

Резервуары №1, №2 выполнены вместе с обвалованием, площадь 22 200 м³, резервуары №3,4 с обвалованием – 23 500 м³, резервуары № 5, 6 имеют обвалование 21 500 м³. В качестве систем аварийной защиты выступают системы дистанционного управления и контроля технологических параметров среды, также имеется система автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения. Кроме того, на объекте имеется система водяного охлаждения и система промышленной канализации. На объекте предусмотрена комбинированная система пожаротушения каждого из шести резервуаров. Технологическое оснащение этой системы: подача пены непосредственно внутрь слоя нефтепродукта внутри резервуара, а также в верхние слои у плавающей крыши. Противопожарное водоснабжение предусмотрено на объекте, это, пожарные гидранты в количестве 43 штук, искусственный противопожарный водоем 1000 м³, а также 2 резервуара противопожарного запаса воды по 2000 м³. На территории НПС «Самара-2» предусмотрен противопожарный кольцевой водопровод, диаметр которого составляет 219 мм.

Резервуар № 1 имеет извещатель пламени ИПЭС-ИК/УФ 16 шт; резервуар №2 имеет извещатель пламени ИПЭС/УФ 16 шт; резервуар №3 имеет извещатель тепловой ТСМ-012-36.62 16 шт; ; резервуар №4 имеет извещатель тепловой ТСМ-012-36.62 16 шт; резервуар №5 имеет извещатель пламени ИПЭС/УФ 16 шт; резервуар №6 имеет извещатель пламени ИПЭС/УФ 16 шт;.

РВСПК №1 оборудован ВПГ- 30 (3шт), ВПГ-40 (3 шт), КНП-5 (9 шт);
РВСПК №2 оборудован ВПГ-30 (3 шт), ВПГ-40 (3 шт), КНП-5 (9 шт);
РВСПК №3 оборудован ВПГ-20 (6 шт), ВПГ-30 (3 шт), КНП-5 (9 шт);
РВСПК №4 оборудован ВПГ-20 (6 шт), ВПГ-30 (3 шт), КНП-5 (9 шт);
РВСПК №5 оборудован ВПГ-30 (3 шт), ВПГ-40 (3 шт), КНП-5 (9 шт);
РВСПК №6 оборудован ВПГ-30 (3 шт), ВПГ-40 (3 шт), КНП-5 (9 шт).
подсоединенных к насосной станции пожаротушения и 2 полукольца системы орошения для охлаждения крыши и стенок. РВСПК №1 оборудован системой водяного охлаждения от передвижной пожарной техники.

Параметры резервуара рассматриваемого объекта:

- высота резервуара – 122,5 м,
- диаметр РВС – 60,4 м,
- высота РВС – 18,6 м,
- площадь зеркала – 2544 м²,
- периметр окружности – 190 м.

На каждом резервуаре установлены световые люки, по 1 замерному люку и два сифонных крана.

Все РВСПК оборудованы огнепреградителями (а именно на РВСПК№1,2,5,6 по одному ОП-50, на РВСПК №3,4 по одному ОП-150), а также тремя сигнализаторами уровня жидкости типа СУШ-ОМЮВ.

Насосные станции по перекачке нефти предназначены для перекачивания нефти в нефтепроводы.

На территории НПС «Самара-2» имеются следующие насосные станции по перекачке нефти:

- магистральная насосная станция «Лисичанск», одноэтажное здание из железобетонных плит площадью 1 080 м², I степени огнестойкости, покрытие насосной из железобетонных плит, помещение насосной разделено от помещения зала противопожарной стеной;
- подпорная насосная станция «Лисичанск» открытого исполнения.

1.2 Описание технологического процесса НПС «Самара-2»

Все технологические процессы комплекса относятся к пожаро-взрывоопасным. Объекты, связанные с хранением и перекачкой нефти, оборудованы средствами автоматического обнаружения и тушения пожара, а также автоматическими средствами технологической защиты. Отказ автоматики может привести к позднему обнаружению аварии, пожара, что в свою очередь потребует большего количества огнетушащих средств и пожарной техники.

В технологическом процессе НПС «Самара-2» обращается большое количество нефти (легко воспламеняющаяся жидкость с $T_{всп} < 28^{\circ}\text{C}$).

На площади резервуарного парка расположено 6 РВСПК 50 000 м³, общей номинальной емкостью 300 000 м³. Резервуары служат для обеспечения бесперебойной работы нефтенасосных путём накопления нефти различных потоков и направления её на всасывающие линии нефтяных насосов.

При перекачке нефти на территории НПС «Самара-2» используются подводящие трубопроводы диаметром 325,720,1020 и 1220 мм. с давлением до 1,5 МПа, нефтепроводы резервуарного парка диаметром 630,720,1020 и 1220 мм. с давлением до 1,5 МПа, коллектора подпорных насосов диаметром 325, 426,820,1020,1220 мм с давлением до 1,5 МПа, коллектора магистральных агрегатов диаметром 720,1022 мм. с давлением до 5 МПа, напорных нефтепроводов диаметром 159,1020,1220 и давлением до 4,3 МПа., что в свою очередь, при аварии, при аварии, может привести к выходу нефти на большие площади и создавать большую загазованность, также не исключено попадание нефти по оврагу в р. Самара в случае разрушения плотины в 2-х км от НПС «Самара-2».

В насосных станциях имеются следующие насосы для перекачки нефти:

– магистральная насосная станция «Куйбышев-Лисичанск» - 4 шт., марки НМ 10000/210, производительностью 10000 м³/час. Каждый насос повышает давление в магистральном трубопроводе на 2,1 МПа, одновременно в работе могут находиться 1 насос, 3 в резерве. В электрозале установлено 4 электродвигателя марки СТД-8 000/2 мощностью 8 000 кВт каждый, с номинальным напряжением 10 кВ.

– подпорная насосная станция «Куйбышев-Лисичанск» - 5 шт. вертикальных насосов: 4 шт. марки 26QLH/2 «Варктинтон», производительностью 5000 м³/час каждый и создают давление в коллекторах подпорных насосов до 1,2 МПа, и 1 шт. марки НПВ 2500-80, производительностью 2500 м³/час. насос повышает давление в коллекторе подпорного насоса 0,7-0,8 МПа. Одновременно в работе могут находиться 2 насоса, 3 в резерве. На вертикальных насосах установлено 3 электродвигателя марки КР -70 НД мощностью 2 000 кВт каждый, с номинальным напряжением 10 кВ, 1 электродвигатель марки ВАОЭ 5К-2000Д мощностью 2 000 кВт, с номинальным напряжением 10 кВ и 1 электродвигатель марки ВАОЭ 630L4 мощностью 800 кВт, с номинальным напряжением 10 кВ.

«Пожар приводит к следующим видам чрезвычайных ситуаций:

- нагреву нефти и нефтепродукта с последующим взрывом горючего в резервуаре;
- нагреву нефти и нефтепродукта с последующим горением горючего в резервуаре и выбросу нефти на крышу резервуара и в обвалование;
- объемному взрыву паровоздушного облака, вышедшего из резервуара, в атмосфере;
- дрейфу по ветру паровоздушного облака из резервуара в атмосфере с возможным последующим взрывом» [22].

1.3 Сведения об инженерных коммуникациях и системе обеспечения пожарной безопасности

Резервуарный парк защищен комбинированной системой пожаротушения, включающей в себя автоматическое водяное охлаждение резервуара, автоматическое послойное пожаротушение и тушение сверху через КНП. «Общая вместимость складов нефти и нефтепродуктов определяется суммарным объемом хранимого продукта в резервуарах и таре. Объем резервуаров и тары принимается по их номинальному объему» [23].

Система противопожарного водоснабжения находится под остаточным давлением в сети 0,07 МПа. Давление в водопроводной сети на случай пожара повышается до 1,0 МПа. Запуск насосов осуществляется автоматически (в случае срабатывания сигнализации) или в ручном режиме через оператора НПС «Самара-2» по телефону 13-13, 14-54.

«При размещении резервуарных парков нефти и нефтепродуктов на площадках, имеющих более высокие отметки по сравнению с отметками территорий соседних населенных пунктов, организаций и путей железных дорог общей сети, расположенных на расстоянии до 200 метров от резервуарного парка, а также при размещении складов нефти и нефтепродуктов у берегов рек на расстоянии 200 и менее метров от уреза воды (при максимальном уровне) следует предусматривать дополнительные мероприятия, исключающие при аварии резервуаров возможность разлива нефти и нефтепродуктов на территории населенных пунктов, организаций, на пути железных дорог общей сети или в водоем» [23].

Вода на площадку НПС «Самара -2» поступает с насосной 2-го подъема площадки НП ССН по трубопроводу диаметром 200 мм. в два РВС 2000 м³ насосной пожаротушения НПС «Самара-2», а из них в случае пожара через насосы высокого давления пенотушения: ЦНСА 300-120 (напор 120 м) 4 шт, ЦНСА 180-128 (напор 128 м) 2 шт, и через водяные насосы высокого давления 1Д200-90а (напор 90 м) 4 шт. Насос Х80-50-200 (напор 50 м) 1 шт

служит для перемешивания раствора пенообразователя в системе пожаротушения. Нормативное время пополнения полного запаса воды 4000 м³ составляет 96 часов.

Максимальный расход воды на кольцевом противопожарном водопроводе при давлении в сети 0,7 МПа.-205 л/с по диаметру водопровода 219 мм.

Также на территории НПС «Самара-2» расположен один противопожарный водоем ЖБР №1, объемом 1000 м³. Противопожарный водоем заполняется водой по трубопроводу диаметром 200 мм с насосной 2-го подъема площадки НП ССН.

Электрический зал магистральной нефтенасосной НПС «Самара-2» оборудован 2 внутренними пожарными кранами, насосная пожаротушения оборудована 2 внутренними пожарными кранами.

По территории резервуарного парка НПС «Самара-2» проходит кольцевой противопожарный водопровод диаметром 219мм, на котором смонтировано 43 пожарных гидранта. Система водяного охлаждения на резервуары РВСПК № 1, 5, 6 подается на два полукольца сухотруба а РВСПК № 2,3,4 подается на четверти диаметром 159 мм, смонтированном в верхнем поясе РВСПК и предназначенном для охлаждения стенок РВСПК. Вода в сухотрубы орошения подается непосредственно от противопожарного водопровода, через отсекающие задвижки, установленные в помещениях электроприводных задвижек возле каждого РВСПК, в автоматическом режиме при срабатывании сигнализации.

Резервуары охлаждаются в автоматическом режиме через отсекающие задвижки непосредственно от противопожарного водовода. Противопожарный водопровод рассчитан для подачи воды только на охлаждение горящего и соседних резервуаров. В случае использования для тушения пожара пеноподъемников или других технических средств, вода на тушение будет подаваться через пожарную технику (ПНС) с пожарного водоема ЖБР V-1000 м³ и двух РВС V-2000 м³ каждый.

На территории резервуарного парка НПС «Самара-2» предусмотрено устройство комбинированного пожаротушения в резервуарах РВСПК-50 000 м³. Насосами станции пожаротушения обеспечивается производительность подачи раствора не менее 255л/с.

Все резервуары РВСПК № 1-6 оборудованы послойным пожаротушением от передвижной пожарной техники. Узлы для подключения пожарной техники установлены на стене помещения электроприводных задвижек. Применение технологии послойного пожаротушения, в котором низко кратная пена подается в основание резервуара, позволяет не зависеть от разрушений, которые наносит взрыв паровоздушной смеси в отношении традиционной навесной системы пенокамер.

Эффективность действия системы послойного тушения сохраняется независимо от времени протекания пожара, поскольку пена поднимается на поверхность с «холодной» нефтью.

Послойное пожаротушение на РВСПК-50000 оборудовано 3 вводами с производительностью 70 л/сек один ввод и общей производительностью 210 л/сек. Рабочее давление срабатывания ВПГ от 0,8 до 1,0 МПа. Также внутри обвалования перед резервуаром на каждом вводе устанавливается ручная (коренная) задвижка в положение «открыто», обратный клапан, разрывная мембрана «Лотос-250» (РМ-250) с пределом давления разрыва 0,2 атм, обратным рабочим давлением 3 атм, узел испытания и узел промывки.

В насосных станциях имеется следующая противопожарная защита.

Основная, магистральная, насосная станция «Куйбышев-Лисичанск» - помещение машинного зала оборудовано автоматической системой пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией с использованием (ИП-330-5) в количестве 10 шт. К магистральному раствору проводу подключено 4 генераторов пены ДВПЭ - 400.

Помещение электростанции насосной станции «Куйбышев-Лисичанск» оборудовано автоматической пожарной сигнализацией (ИП-212-54 Т 7,5-16 шт, ИПР – 2 шт). Масло приемок электростанции оборудован датчиками ИП-330-

5 4 - шт., к магистральному раствор проводу подключено 2 пеногенератора типа ГПС-600.

По периметру насосной станции «Куйбышев-Лисичанск» имеются три автоматических пусковых устройств ручных пожарных извещателя ИПР 513-3А.

В случае пожара автоматически проходит сигнал оповещения в операторную НПС «Самара-2» и ПСЧ 44 8 отряда ФПС.

Подпорная насосная станция открытого типа «Куйбышев-Лисичанск» - по периметру имеются четыре ручных пожарных извещателя ИПР 513-3А.

В насосных станциях по перекачки нефти пожары развиваются очень быстро, для их тушения требуется сосредоточение значительных сил и средств, оперативные и умелые действия пожарных подразделений и персонала объекта. Быстрое растекание нефти, высокая температура горения (1 300 °С и более), сильное теплоизлучение приводит к разрушению здания и расширению площади горения. Под воздействием пламени, насосы и трубопроводы, прогреваются до критических температур, при которых металл теряет свою прочность. Этот же прогрев приводит к быстрому повышению давления в насосах и трубопроводах.

Возникновение пожара в насосных может произойти вследствие:

- природного явления (попадания молнии в здание или насосный агрегат);
- при нарушении правил пожарной безопасности при проведении аварийных и ремонтных работ, не соблюдения правил пожарной безопасности рабочими и ИТР (курение, использование открытого огня, и т.д.);
- нарушение технологического процесса (аварии).

1.4 Особенности тушения пожаров в резервуарных парках

Исследование особенностей тактических методов, приемов и принципов тушения пожаров на объектах нефтехимии включает следующие этапы:

- Проведение информационного анализа, запрос официальных статистических данных о пожарах на объектах нефтехимии.
- Определение основных характеристик и параметров горючей среды нефтехимии.
- Анализ полученных результатов.

«Организация тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках основана на оценке возможных вариантов возникновения и развития пожара. Пожары в резервуарах характеризуются сложными процессами развития, как правило, носят затяжной характер и требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации. Основным средством тушения пожаров в резервуарах является пена средней и низкой кратности, подаваемая на поверхность горючей жидкости. Допускается применение послойного способа подачи пены, а также других способов и средств тушения пожаров в резервуарах, обоснованных результатами научно-исследовательских работ и согласованных в установленном порядке. Для тушения нефти и нефтепродуктов применяются отечественные и зарубежные пеногенераторы и пенообразователи, прошедшие сертификацию и имеющие рекомендации по их применению и хранению» [22].

«Нормативное правовое регулирование в области пожарной безопасности представляет собой принятие органами государственной власти нормативных правовых актов, направленных на регулирование общественных отношений, связанных с обеспечением пожарной безопасности. Нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти, устанавливающие требования пожарной

безопасности, разрабатываются в порядке, установленном Правительством Российской Федерации» [6].

При выборе тактических методов пожаротушения, основанием для поиска является характеристика горящего вещества или материала, в рассматриваемом случае, это свойства нефтепродукта. А также целесообразность применения огнетушащего вещества, конкретно пены, и, непосредственно, воды как охлаждающего огнетушащего вещества для соседних резервуаров.

«Субъекты Российской Федерации вправе разрабатывать и утверждать в пределах своей компетенции нормативные правовые акты по пожарной безопасности, не противоречащие требованиям пожарной безопасности, установленным нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Техническое регулирование в области пожарной безопасности осуществляется в порядке, установленном законодательством Российской Федерации о техническом регулировании в области пожарной безопасности.

Для объектов защиты, в отношении которых отсутствуют требования пожарной безопасности, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации и нормативными документами по пожарной безопасности, разрабатываются специальные технические условия, отражающие специфику обеспечения указанных объектов пожарной безопасности и содержащие комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению их пожарной безопасности, подлежащие согласованию с федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области пожарной безопасности» [6].

Все объекты нефтехимии для пожарных подразделений играют важнейшую и главенствующую роль при отработке учений и занятий, соответственно на объекты рассматриваемой категории обязательно должны разрабатывать планы аварийных ситуаций. Все аварийные ситуации на объекте нефтехимии строго регламентированы, поскольку при серьезном

пожаре способны привести к негативным последствиям в условиях жилой городской застройки на жизнь населения в целом.

«Тушение пожаров представляет собой действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров. Проведение аварийно-спасательных работ, осуществляемых пожарной охраной, представляет собой действия по спасению людей, имущества и (или) доведению до минимально возможного уровня воздействия взрывоопасных предметов, опасных факторов, характерных для аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций.

При тушении пожаров с участием других видов пожарной охраны функции по координации деятельности других видов пожарной охраны возлагаются на федеральную противопожарную службу» [6].

На основании расписания выезда городских округов и муниципальных образований осуществляется выезд пожарных подразделений, по первому сообщению, о пожаре, загорании, наличии задымления или тления.

«Порядок привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, пожарно-спасательных гарнизонов для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ утверждается федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области пожарной безопасности. Выезд подразделений пожарной охраны на тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ в населенных пунктах и организациях осуществляется в безусловном порядке» [6].

Все поступающие вызовы на пульт дежурно-диспетчерских служб пожарной охраны обрабатываются в кратчайшие сроки, и незамедлительно высылаются подразделения, по любому сообщению, о пожаре, загорании, аварийной ситуации. Тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ осуществляются на безвозмездной основе, если иное не установлено законодательством Российской Федерации. Для приема сообщений о пожарах и чрезвычайных ситуациях используются единый номер вызова экстренных оперативных служб «112» и телефонный номер приема

сообщений о пожарах и чрезвычайных ситуациях, назначаемый федеральным органом исполнительной власти в области связи [3].

«При тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ силами подразделений пожарной охраны, привлеченными силами и средствами единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций проводятся необходимые действия для обеспечения безопасности людей, спасения имущества, в том числе:

- проникновение в места распространения (возможного распространения) опасных факторов пожаров, а также опасных проявлений аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций;
- создание условий, препятствующих развитию пожаров, а также аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций и обеспечивающих их ликвидацию;
- использование при необходимости дополнительно имеющихся в наличии у собственника средств связи, транспорта, оборудования, средств пожаротушения и огнетушащих веществ с последующим урегулированием вопросов, связанных с их использованием, в установленном порядке;
- ограничение или запрещение доступа к местам пожаров, а также зонам аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций, ограничение или запрещение движения транспорта и пешеходов на прилегающих к ним территориях;
- охрана мест тушения пожаров, а также зон аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций (в том числе на время расследования обстоятельств и причин их возникновения);
- эвакуация с мест пожаров, аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций людей и имущества, оказание первой помощи;
- приостановление деятельности организаций, оказавшихся в зонах воздействия опасных факторов пожаров, опасных проявлений аварий,

если существует угроза причинения вреда жизни и здоровью работников данных организаций и иных граждан, находящихся на их территориях» [6].

«Непосредственное руководство тушением пожара осуществляется руководителем тушения пожара - прибывшим на пожар старшим оперативным должностным лицом пожарной охраны (если не установлено иное), которое управляет на принципах единоначалия личным составом пожарной охраны, участвующим в тушении пожара, а также привлеченными к тушению пожара силами» [6].

Кроме того, среди остальных огнетушащих веществ, вполне целесообразно применение тонкой распыленной воды при охлаждении горящего слоя жидкости[2].

«Необходимым условием тушения распыленной водой является низкая средняя объёмная температура горючего (ниже температуры вспышки). Интенсивность подачи распыленной воды следует принимать $0,2 \text{ л} \times \text{м}^{-2} \times \text{с}^{-1}$ » [14].

«Для тушения проливов в обваловании и меж свайном пространстве под резервуаром, локальных очагов горения на задвижках, фланцевых соединениях, в зазоре между стенкой резервуара и плавающей крышей допускается применение огнетушащих порошковых составов с интенсивностью подачи для нефти и нефтепродуктов $0,3 \text{ кг} \times \text{с}^{-1} \times \text{м}^{-2}$, для газового конденсата - $0,5 \text{ кг} \times \text{с}^{-1} \times \text{м}^{-2}$. Главную роль в механизме тушения порошками играет ингибирование пламени. Порошки не обладают охлаждающим действием. Поэтому после тушения пламени возможно повторное воспламенение горючего» [14].

«Чтобы это предотвратить, целесообразно применять комбинированные методы тушения, сочетая подачу порошков с подачей пенных средств:

- основное тушение пеной с дотушиванием порошком отдельных очагов горения;

- основное тушение порошком небольших очагов горения, затем подача пены для предотвращения повторного воспламенения.

Учитывая, что, ежедневно резервуарный парк рассматриваемой нефтебазы – это самостоятельное предприятие или объект, предназначенный для содержания и хранения любого производимого количества нефтепродукта. Кроме того, к функциональному значению рассматриваемого объекта можно причислить использование необходимого запаса нефтепродуктов для использования технологических процессов. Интенсивность во всех случаях такая же, как и при индивидуальном использовании этих веществ. Применение комбинированного метода тушения требует дополнительных сил и средств. Поэтому он целесообразен, как правило, в тех случаях, когда тушение одним огнетушащим веществом не достигается» [14].

1.5 Выбор методов и направления исследования

Изложив теоретическую сторону вопроса, определим дальнейший ход исследования. На основании теоретического исследования, в первом разделе диссертационного исследования сформулированы особенности тушения пожаров в резервуарных парках, проанализируем систему пожаротушения на объектах нефтехимии уже произошедших пожаров. Далее необходима конкретизация основных особенностей пожарно-тактических задач, выполняемых при возникновении тушения пожара. Все объекты нефтехимии для пожарных подразделений играют важнейшую и главенствующую роль при отработке учений и занятий, соответственно на объекты рассматриваемой категории обязательно должны разрабатывать планы аварийных ситуаций. Все аварийные ситуации на объекте нефтехимии строго регламентированы, поскольку при серьезном пожаре способны привести к негативным последствиям в условиях жилой городской застройки на жизнь населения в целом [8].

Выводы к разделу 1

Возникновение пожара в насосной станции возможно по двум вариантам:

- пожар при разгерметизации фланцевых соединений;
- пожар в результате взрыва (хлопка) паровоздушной смеси.

Распространение пожара при разгерметизации фланцевых соединений с последующим горением по всей площади.

Методы решения задач и их сравнительная оценка:

- методы изучения и описания интеллектуального анализа данных для анализа возникающей оперативной обстановки на пожаре и при ЧС в определенный момент времени с подбором действий по БП;
- методы изучения и описания интеллектуального анализа данных для анализа возникающей оперативной обстановки на пожаре и при ЧС в определенный момент времени с подбором действий по БП;
- механизмы необходимого и определенного в рамках проведения тактики тушения пожара распределения ресурсов подразделений пожарной охраны (количество личного состава, пожарной техники, горюче смазочных материалов и т.д.);
- методы анализа статистических данных о пожарах и ЧС на объектах нефтехимии, выявление основных причин и источников зажигания, а также конкретизация методов тактической направленности тушения и подготовки подразделений ГПС;
- метод детальной проработки и моделирования рациональной структуры системы управления пожарно-спасательными подразделениями;
- схема согласования решения и алгоритмы согласования оценок при организации взаимодействия различных подразделений при ликвидации пожаров [3].

2 Анализ и оценка пожарной безопасности на нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»)

2.1 Данные статистики о пожарах на объектах нефтехимии

Согласно информационным данным статистических наблюдений с 2010 по 2020 годы, необходимо отметить, что из 8 миллионов произошедших пожаров во всем мире ежегодно, около 80 тысяч человек погибают, а 800 тысяч человек получают травмы от опасных факторов пожара. В РФ ежегодно происходит 250 тысяч пожаров, при которых зарегистрировано около 20 тысяч человек.

«По статистическим данным 80% пожаров с нефтью сопровождались ее вскипанием, а 25% таких пожаров сопровождались выбросами. В ряде случаев при взрыве в резервуаре происходил отрыв стенок резервуара от дна по нижнему сварному шву с разрывом трубопроводов горизонтальной трубопроводной подводки к резервуару систем пенного пожаротушения и водяного охлаждения.

Анализ пожаров, происшедших на технологических объектах хранения и транспорта нефти и нефтепродуктов, показывает, что эффективность применения стационарных систем автоматической противопожарной защиты при тушении пожаров составляет около 7 %.

Низкая эффективность систем пожаротушения пеной средней кратности и водяного охлаждения резервуаров вызвана в основном разрушением пеногенерирующих устройств и трубопроводов для подачи огнетушащих веществ на тушение и охлаждение» [34]

«По числу пожаров Россия занимает в мире 4-5 место, но по числу жертв - первое, на много опережая все другие страны. В системе Транснефти произошло пожаров: на насосных нефтепроводах - 10%, на нефтепромыслах - 14 %, на НПЗ - 27,7 %, а на распределительных нефтебазах зафиксирована наибольшая доля пожаров - 48,3 %» [29]. На рисунке 3 приведены

статистические данные о местах аварий, пожаров в РФ с 2009 г по настоящее время.



Рисунок 3 – Статистические данные о местах аварий, пожаров в РФ с 2009 г по настоящее время

«На наземных резервуарах произошло 93,3 % пожаров и аварий из общего их числа. По виду хранимых продуктов эти пожары распределились следующим образом: 32,4 % - на резервуарах с сырой нефтью; 53,8 % - на резервуарах с бензином; и 13,8 % - на резервуарах с другими видами нефтепродуктов (мазут, керосин, дизельное топливо, масло и др.)» [29].

На рисунке 4 представлены статистические данные по источникам инициирования взрывоопасных смесей в резервуарных парках с 2009 г по настоящее время.

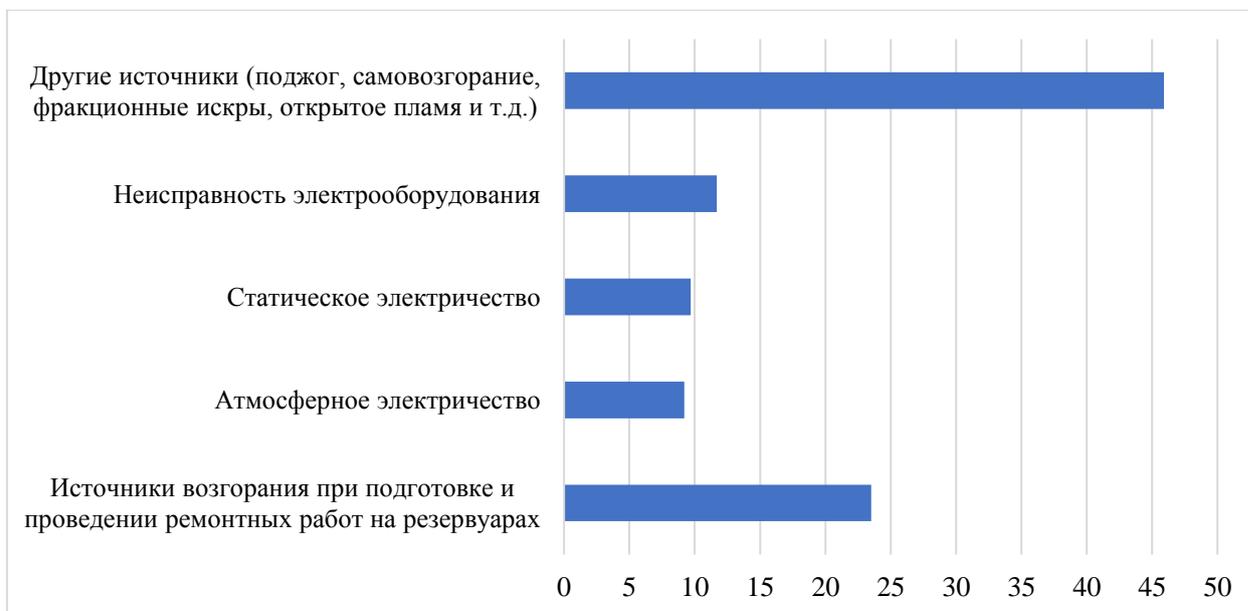


Рисунок 4 - Статистические данные по источникам инициирования взрывоопасных смесей в резервуарных парках с 2009 г по настоящее время

«Установлено, что основными источниками возгорания, от которых возникали пожары, являются: огневые и ремонтные работы (23,5 %), искры электроустановок (14,7 %), проявления атмосферного электричества (9,2 %), разряды статического электричества (9,7 %), большая часть всех пожаров на резервуарах (45,9) произошла от самовозгорания пирофорных отложений, неосторожного обращения с огнем, поджогов и других источников возгорания. Доля пожаров от перечисленных источников возгорания, существенно различается по отраслям промышленности» [29].

«За исследованный период средняя частота возникновения пожаров и возгораний в год составляет: на распределительных нефтебазах - 5,75; в резервуарных парках НПЗ - 3,3; на промыслах - 1,65; на нефтепроводах - 1,2. Средняя частота пожаров по всем объектам и отраслям нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности составили 13 пожаров в год.

За исследованный период средняя частота возникновения пожаров и возгораний в год составляет: на распределительных нефтебазах - 5,75; в резервуарных парках НПЗ - 3,3; на промыслах - 1,65; на нефтепроводах - 1,2.

Средняя частота пожаров по всем объектам и отраслям нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности составили 13 пожаров в год» [29].

Теоретические основы разработки мер и методов по предупреждению пожаров включает в себя, прежде всего, данные о источнике зажигания как иницирующем явлении факта загорания.

«Однако примерно для 5% пожаров непосредственный источник зажигания не установлен, но из этого количества причиной 4 пожаров были повреждения оборудования, нарушения технологического режима, повышенная загазованность территории резервуарного парка. В этих случаях, естественно, источник зажигания является вторичным и второстепенным фактором, а защита должна быть направлена на поддержание исправности оборудования и нормальное ведение технологического процесса» [14].

«Согласно приведенным данным из рисунков установлено, что основная причина инициирования пожаров на объектах нефтехимии – это проведение огневых работ на объекте - 23%, что составляет примерно одну треть от общего числа. «Неосторожное обращение с огнем, допущенное при ремонте резервуаров, электрические и механические искры или горячие выхлопы глушителя автомобиля при очистке резервуара через нижний люк стали причиной 9 (11,8%) пожаров. В целом при очистке и ремонте резервуаров произошло 29 пожаров, что составляет 37,6% общего числа. Необходимо отметить, что 14 пожаров на резервуарах (18%) возникли от самовозгорания пирофорных отложений, причем 64% пожаров, происшедших по этой причине, отмечено на объектах добычи нефти и 36% - в резервуарных парках на нефтеперерабатывающих заводах» [14].

Также интересен тот факт, который свидетельствует о возникновении свыше 63% пожаров на объектах нефтехимии в весенне-летний период. Здесь основные причины – разряды атмосферного электричества, нарушение технологии процесса в установках.

«Здесь надо отметить, что в первом случае (разряды атмосферного электричества) загорались резервуары только на насосных станциях нефтепродуктов, что говорит о ненадежности существующей молниезащиты и необходимости ее усовершенствования на данных объектах. Огневые технологические установки, как источник зажигания, проявлялись только на нефтепромысловых объектах» [14].

«В качестве характерного примера связанного с технологическим процессом хранения нефти и нефтепродуктов, может служить описание пожара, произошедшего 22 августа этого года на резервуарном парке ЛПДС «Конда» Урайского УМН ОАО «Сибнефтепровод», которая расположена на территории Кондинского района Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области» [14].

«Пожары, происходящие в резервуарах с ЛВЖ, как правило, начинаются с взрыва, что приводит к выводу из строя автоматических установок пожаротушения. В этом случае, тушение пожаров требует больших расходов воды для защиты горящего и соседних резервуаров, большого количества личного состава и техники. Эти пожары трудно тушимы, носят затяжной характер, приводят к значительным материальным ущербам, сопровождаются сильными тепловыми потоками, распространяющимися на большие расстояния, осложняют работу пожарных и являются причинами возникновения массовых пожаров в резервуарных парках» [14].

2.2 Анализ тушения условного пожара в резервуарном парке нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»

Возникновение пожара в насосной станции возможно по двум вариантам:

- пожар при разгерметизации фланцевых соединений;
- пожар в результате взрыва (хлопка) паровоздушной смеси [5].

Распространение пожара возможно при следующих условиях и по следующему сценарию:

Пожар при разгерметизации фланцевых соединений с последующим горением по всей площади;

«Пожар в резервуаре в большинстве случаев начинается со взрыва паровоздушной смеси. На образование взрывоопасных концентраций внутри резервуаров оказывают существенное влияние физико-химические свойства хранимых нефти и нефтепродуктов, конструкция резервуара, технологические режимы эксплуатации, а также климатические и метеорологические условия. Взрыв в резервуаре приводит к подрыву (реже срыву) крыши с последующим горением на всей поверхности горючей жидкости. При этом, даже в начальной стадии, горение нефти и нефтепродуктов в резервуаре может сопровождаться мощным тепловым излучением в окружающую среду, а высота светящейся части пламени составлять 1-2 диаметра горящего резервуара. Отклонение факела пламени от вертикальной оси при скорости ветра около $4 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ составляет $60-70^\circ$ » [14].

Факельное горение может возникать на дыхательной арматуре резервуаров, а также в местах соединения стенок резервуаров, а также других отверстиях, неплотных соединениях, если концентрация паров нефтепродукта превышает ПДК рабочей среды технологического процесса.

При наблюдении черного или красного пламени, можно делать вывод, что в объеме резервуара высокая концентрация паров ЛВЖ/ГЖ, есть малая вероятность возникновения процесса взрыва. А как раз-таки, синее или зеленое горение факела свидетельствует о возможном воспламенении с последующим взрывом [4].

«На резервуаре с плавающей крышей возможно образование локальных очагов горения в зоне уплотняющего затвора, в местах скопления горючей жидкости на плавающей крыше. При хранении нефти и нефтепродуктов в условиях низких температур возможно зависание понтона

или плавающей крыши при откачке продукта из резервуара, что может привести к падению их с последующим возникновением пожара. Условиями для возникновения пожара в обваловании резервуаров являются: перелив хранимого продукта, нарушение герметичности резервуара, задвижек, фланцевых соединений, наличие пропитанной нефтепродуктом теплоизоляции на трубопроводах и резервуарах» [14].

Пожар в результате взрыва (хлопка) паровоздушной смеси с частичным разрушением строительных конструкций и трубопроводов, с последующим горением по всей площади и на прилегающей территории. В подпорных насосных проходят коллектора диаметром 325, 426, 820, 1020, 1220 мм. с давлением до 1,5 МПа., а в магистральных насосных коллектора диаметром от 720, 1022 мм. с давлением до 5 МПа. В случае порыва нефтепровода и несвоевременного срабатывания систем стационарной автоматики нефть под давлением может выйти на большой площади. При возможном её возгорании тушение будет сильно затруднено.

При горении нефти на большой площади будет выделяться значительное количество тепловой энергии и большое количество дыма. Дым, в зависимости от силы и направления ветра, будет распространяться в ту или иную сторону на значительные расстояния.

В соответствии с условиями возникновения пожара и вероятностью присутствия персонала в насосных возможно прогнозировать непосредственную угрозу жизни людей, находящихся в этот момент в них. Количество людей в насосных, при отсутствии ремонтных и строительных работ составляет 1 человек. В основной насосной «Лисичанск», в операторной, постоянно находятся 2 человека.

В насосных станциях по перекачки нефти пожары развиваются очень быстро, для их тушения требуется сосредоточение значительных сил и средств, оперативные и умелые действия пожарных подразделений и персонала объекта. Быстрое растекание нефти, высокая температура горения (1 300 °С и более), сильное теплоизлучение приводит к разрушению здания и

расширению площади горения. Под воздействием пламени, насосы и трубопроводы, прогреваются до критических температур, при которых металл теряет свою прочность. Этот же прогрев приводит к быстрому повышению давления в насосах и трубопроводах.

В случае порыва нефтепровода и несвоевременного срабатывания систем технологической автоматики, нефть под давлением может выйти на большой площади. При возможном её возгорании тушение будет сильно затруднено тем, что не будет чётких границ площади пожара, а также возможным затоплением противопожарных водоисточников, колодцев промышленной канализации и выходом границ пожара за территорию резервуарного парка. При горении нефти на большой площади будет выделяться большое количество дыма. Дым в зависимости от силы и направления ветра будет распространяться в ту или иную сторону на значительные расстояния.

В соответствии с условиями возникновения пожара и вероятностью присутствия персонала в резервуарном парке, возможно, прогнозировать непосредственную угрозу жизни людей находящихся до 100-150 м от резервуара, на котором произошел взрыв с развитием избыточного давления или горения паровоздушной смеси с образованием «огненного шара». Количество людей в резервуарном парке, при отсутствии ремонтных и строительных работ составляет 1 человек. При проведении строительно-монтажных и ремонтных работ - до 20 человек. Зона теплового воздействия при пожаре 40-50 м от резервуара при отсутствии ветра.

Возможные параметры пожара: высота пламени открытого зеркала доходит до 2-х диаметров - 120 м; при наклоне пламени перекрываемое расстояние до 0,7 диаметра – 42 м; скорость прогрева нефти 0,4 м/час; скорость выгорания 0,15 м/час; возможность выброса или вскипания.

В связи со спецификой объекта и обрабатываемого вещества в производстве, средством тушения выступает воздушно-механическая пена. Для основных резервуаров РВСПК расчетное время подачи ВМП составляет

15 мин, причем, как в слой горящего нефтепродукта, так и на поверхность его сверху. Поэтому данный расчетный параметр фиксируется для определения расчетного количества запаса огнетушащего вещества – ВМП. Также нормативный запас ВМП должен быть не менее трехкратного запаса расходуемого вещества, для ликвидации пожара в одном резервуаре рассматриваемого объекта данный запас составляет 45 120 л. Для тушения в каре резервуара, объем которого составляет 50 000 м³, нормативный запас пенообразователя 134 000 л для тушения послойным методом. Подача пены для тушения резервуара сверху может быть осуществлена посредством пеноподъемников. Характеристики используемого пенных подъемника: шасси на базе а/м «Ман», высота стрелы 37 м, стационарный лафетный ствол марки «Монсан». Растекание пенообразователя по поверхности нефтепродукта не более 25 м, это преимущество выбранного огнетушащего вещества. Основное техническое средство для тушения пожара на объекте – это пожарные автоцистерны, которые должны быть присоединены к напорным узлам насосных систем для тушения послойным способом. Расчет сводится таким образом, что на каждый напорный узел приходится установка одной АЦ. Соответственно, рассматривается 3 АЦ на 3 напорных узла. Подача ОВ должна осуществляться непосредственно пеной низкой кратности в самый нижний пояс резервуаров, причем в состав пенообразователя входит фтор для образования пленки по поверхности. Таким образом, пена всплывает на поверхность горящего нефтепродукта, далее обтекает затонувшие конструкции и растекается по горящему. Высокое температурное воздействие горение нефтепродукта в этот период времени значительно уменьшается уже на второй минуте после начала подачи пены. Далее, возможно появление нескольких явных зон или очагов горения непосредственно в местах примыкания к стенкам резервуара, у раскаленного металла. Но уже на 2-3 минутах происходит полное прекращения горения. На поверхности нефтепродукта образуется пенный слой толщиной до 10 см, который исключает возможность повторного возникновения горения.

Приготовление раствора пенообразователя предусматривают посредством воды, жесткость которой свыше 30 мг-экв \times л⁻¹. Обратная вода технологического процесса не должна использоваться для приготовления раствора пенообразователя [10].

Диспетчер СРНУ при получении сообщения от диспетчера пожарной охраны или оператора объекта о пожаре обязан вызвать главных специалистов СРНУ, к месту пожара [9]. Далее он докладывает диспетчеру ОАО ПМН и совместно принять решение об отключении из технологической схемы аварийного участка, трубопровода, резервуаров. И затем по требованию руководителя тушения пожара высылает к месту пожара необходимое количество машин и механизмов, а также работников НПС [7].

Главный инженер СРНУ по прибытию к месту пожара выполняет оповещение населения близко расположенных населенных пунктов, предприятий и организаций о распространении нефти и опасности распространения пожара, при необходимости, эвакуации из опасных зон жителей, рабочих смены, домашнего и общественного скота, имущества. Далее выделяет в помощь, в зависимости от сложности ситуации, дополнительных сил средств от сторонних организаций [32]. Также он принимает совместно с работниками ГИБДД и полиции мер по дальнейшей эксплуатации шоссейных дорог или временного прекращения движения по ней до устранения сложившейся опасности.

Главный инженер СРНУ по прибытию к месту пожара осуществляет совместно с местными организациями по использованию и охране водных ресурсов мероприятий по защите рек, водоемов от разлива нефти. При необходимости устанавливает связь с местными органами Ростехнадзора, ГПН, СЭС, экологической службой. Также он уточняет характер возникшей ситуации и ранее принятые меры, планирует и осуществляет мероприятия по организации оперативного переключения, за работу технических средств, за организацию быта и отдыха персонала, занятого на ликвидации пожара, за прочие работы исходя из сложившейся обстановки.

Зам. начальника СРНУ по эксплуатации по прибытию к месту пожара организует оповещение владельцев коммуникаций сторонних организаций, организует освобождение поврежденных участков нефтепроводов и резервуаров от нефти, по согласованию с диспетчерской службой СРНУ и ОАО ПМН.

Зам. начальника СРНУ по транспорту нефти по прибытию к месту пожара выполняет следующие организует работы по предотвращению растекания нефти, защите населения, объектов, окружающей среде; организует производство всех необходимых переключений и отключений (резервуарами и нефтепроводами). Также он организует возобновление перекачки нефти после ликвидации пожара [11].

Зам. начальника СРНУ по общим вопросам по прибытию к месту пожара организует размещение подъезжающих бригад, пожарных частей, отдых, питание всех участвующих в ликвидации пожара, поручает доставку на место пожара необходимых технических средств начальнику УТТ и СТ или начальнику КТТ и СТ [25]. Затем он организует пополнение необходимым количеством пенообразователя и ГСМ.

Главный энергетик по прибытию к месту пожара обеспечивает выдачу необходимых документов на тушение пожара в электроустановках, отключение или подключение электроэнергии и работоспособность электроприводов механизмов и оборудования.

Главный механик по прибытию к месту пожара обеспечивает работоспособность технологического оборудования (задвижек, кранов), грузоподъемных механизмов [26].

Начальник отдела АСУ и ТП по прибытию на место пожара организует отключение или переключение автоматической системы пожарной защиты.

Начальник СОТ по прибытию на место пожара организует помощь штабу пожаротушения по эвакуации работников объекта и материальных ценностей, медицинскую помощь при наличии пострадавших и меры по обеспечению средствами индивидуальной защиты.

Начальник ОПБ по прибытию на место пожара организует руководство действиями членов ДПД на месте пожара, обеспечение необходимым пожарно-техническим вооружением членов ДПД [20].

Механик УТТ и СТ обеспечивает доставку свободных от вахт водителей и своевременный выход к месту пожара необходимой спецтехники, также подвоз необходимого количества ГСМ и пенообразователя к месту ликвидации пожара.

Начальник СБ по прибытию на место пожара организует по согласованию с руководителем тушения пожара высылает наряд из сотрудников СБ к месту пожара для выставления постов. Также он в зависимости от обстановки и сложности пожара организует встречу пожарных подразделений, прибывающих по плану расписания выездов района, области [12].

Начальник ЦРС по прибытию на место пожара организует расстановку людей ЦРС в соответствии с планом тушения пожара и ликвидации аварий; при необходимости прорезку окон в горящем резервуаре для ввода средств тушения пожара.

Начальник НПС по прибытию на место пожара при необходимости принимает меры по доставке рабочих и ИТР из числа свободных о вахты к месту пожара, обеспечивает бесперебойную работу пожарного водопровода, системы канализации и аварийных прудов накопителей. Затем он организует бесперебойную работу по обеспечению водой и пенообразователем; организует отключение технологической схемы аварийного участка.

Медицинский работник пункта здравоохранения по прибытию на место пожара осуществляет непрерывное дежурство медицинского персонала на все время пожара, аварии и спасательных работ. Медицинским работником проводятся мероприятия по оказанию первой медицинской помощи пострадавшим [36].

В насосных станция по технологическому процессу смешения нефти средний показатель тушения возникшего пожара составляет 14-18 минут от

передвижной пожарной техники. На рисунке 5 приведена схема расстановки сил и средств по тушению основной насосной от передвижной техники к узлу ППТ.

Смоделирована первая аварийная ситуация подрыва крыши РВС, пожар по всей площади [21]. Инженерно-технические мероприятия при тушении пожара – использование передвижной пожарной техники, пеноподъемников. Метод тушения – послойный, используемый вид ОВ – пена низкой и средней кратности [13].

Далее смоделирована вторая аварийная ситуация – при потере устойчивости резервуара разрушена его стенка, выход нефтепродукта за пределы РВСПК. Инженерно-технические мероприятия – использование передвижной пожарной техники, пеноподъемников, пенных стволов для тушения проливов. Метод тушения – послойный, используемый вид ОВ – пена низкой и средней кратности [16].

Также смоделирована третья аварийная ситуация – разрушение резервуара, выход нефтепродукта в каре РВСПК, пожар по всей площади. Инженерно-технические мероприятия – использование передвижной пожарной техники, пеноподъемников, пенных стволов для тушения проливов. Метод тушения – послойный, используемый вид ОВ – пена низкой и средней кратности.

«Выброс нефти и темных нефтепродуктов из горящего резервуара происходит при достижении поверхности слоя донной (подтоварной) воды гомотермическим (прогретым) слоем горючей жидкости. Этот слой, соприкасаясь с водой, нагревает ее до температуры значительно большей, чем температура кипения. При этом происходит бурное вскипание воды с выделением большого количества пара, который выбрасывает находящуюся над слоем воды горящую жидкость за пределы резервуара [17].

Обычно выбросу предшествуют внешние признаки - усиление горения, изменение цвета пламени, усиление шума при горении, могут также наблюдаться отдельные потрескивания (хлопки), вибрация верхних поясов

стенки резервуара. Как правило, выброс носит пульсирующий характер, причем интенсивность его, т. е. увеличение высоты и объема факела пламени, нарастает в самом процессе выброса. Толщина слоя донной (подтоварной) воды, как правило, на мощность выброса влияния не оказывает» [22].

Непосредственно пена низкой кратности используется для подачи в нижние пояса резервуаров, поскольку она содержит фтор. Это способствует образованию пленки [24].

«Применение фторсодержащих пенообразователей является необходимым условием, поскольку пена на их основе инертна к воздействию углеводородов в процессе длительного подъема пены на поверхность нефтепродукта. Применение пены, получаемой на основе обычных пенообразователей для подачи под слой горючей жидкости, недопустимо, так как при прохождении через слой горючей жидкости она насыщается парами углеводородов и теряет огнетушащую способность» [14].

Быстрой изоляции горячей поверхности пеной способствуют саморастекающаяся из пены водная пленка раствора пенообразователя, имеющая поверхностное натяжение ниже натяжения горючей жидкости, а также конвективные потоки, которые направлены от места выхода пены к стенкам резервуара. «В результате конвективного теплообмена снижается температура жидкости в прогретом слое до среднеобъемной. Вместе с тем интенсивные восходящие потоки жидкости приводят к образованию на поверхности локальных участков горения, в которых скорость движения жидкости достигает максимальных значений. Эти участки, приподнятые над остальной поверхностью и называемые "бурунами", играют важную роль в процессе тушения. Чем выше «бурун», тем больше пены необходимо накопить для покрытия всей поверхности горячей жидкости. Для снижения высоты «буруна» пена подается через пенные насадки с минимальной скоростью» [14]. Слой пены, который

всплывает на поверхность, растекается по всей поверхности горючего материала нефтепродукта.

«Значительное снижение интенсивности горения достигается через 90-120 с момента появления пены на поверхности. В это время наблюдаются отдельные очаги горения у разогретых металлических конструкций резервуара и в местах образования "бурунов". В дальнейшем, в течение 120-180 с происходит полное прекращение горения. После прекращения подачи пены при полной ликвидации горения на всей поверхности горючей жидкости образуется устойчивый пенный слой толщиной до 10 см, который в течение 2-3 ч защищает поверхность горючей жидкости от повторного воспламенения [28].

Возникновение пожара в насосной станции возможно по двум вариантам:

- пожар при разгерметизации фланцевых соединений;
- пожар в результате взрыва (хлопка) паровоздушной смеси [31].

Распространение пожара возможно при разгерметизации фланцевых соединений с последующим горением по всей площади;

Вода для приготовления раствора пенообразователя не должна содержать примесей нефтепродуктов. Для приготовления раствора из отечественных пенообразователей в системах подслоного тушения запрещается использовать воду с жесткостью более 30 мг-экв л-1. Использование оборотной воды для приготовления раствора пенообразователя не допускается» [14].

На рисунке 5 изображена схема расстановки сил и средств по тушению основной насосной от передвижной техники к узлу ППТ.

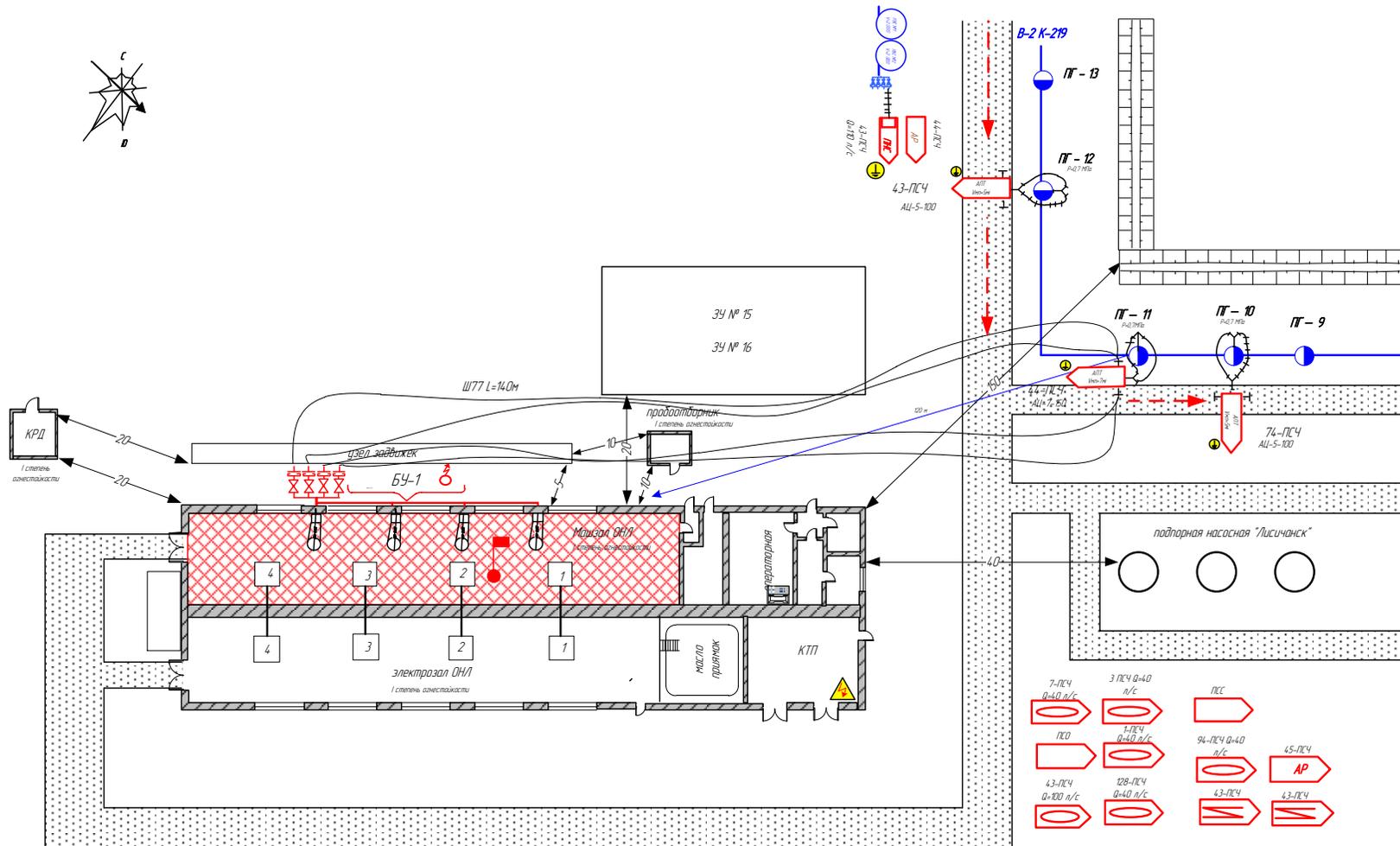


Рисунок 5 - Схема расстановки сил и средств по тушению основной насосной от передвижной техники к узлу ППТ

Поскольку все три смоделированные ситуации схожи по принципиальной схеме тушения, то произведем расчет по наихудшему сценарию смоделированной ситуации [13].

Тушение пожара в каре РВС.

Время свободного развития пожара в каре РВСПК

$$T_{\text{св}} = t_{\text{дс}} + t_{\text{сб}} + t_{\text{сл}} + t_{\text{бр}} \quad (1)$$

$$T_{\text{св}} = 1 + 1 + 2 + 3 = 7 \text{ мин}$$

Необходимое количество стволов на охлаждение соседнего РВСПК с пожаром в каре

$$Q_{\text{тр}}^3 = \Pi_3 \times I_z$$

$$Q_{\text{тр}}^3 = 190 \times 1,2 = 228 \text{ л/с}$$

Всего на защиту предусматриваем 4 ствола «Кросс файр», на охлаждение горящего, 3 ствола ПЛС-20 на охлаждение соседнего РВСПК и 14 перекрывных стволов на защиту ствольщиков на стволах охлаждающих горящий РВСПК, производящих тушение от ГПС-2000 и охлаждение пеноподъемников [15].

$$Q_{\text{ф}}^3 = N \times q \quad (2)$$

$$Q_{\text{ф}}^3 = 2 \times 78 + 2 \times 33 + 14 \times 3,8 = 291 \text{ л/с}$$

Тушение пожара в каре, площадь тушения

$$S_{\text{туш}} = S_{\text{пож}} = S_{\text{обв}} - S_{\text{РВСПК}} \quad (3)$$

$$S_{\text{туш}} = 108 \times 108 - 2893 = 8771 \text{ м}^2$$

Требуемый расход раствора пенообразователя на тушение пожара в каре от передвижной пожарной техники (ликвидация пожара в каре до Ч+90 мин):

$$Q_{\text{тр}}^{\text{T}} = S_{\text{туш}} \times I_{\text{тр}} \quad (4)$$

$$Q_{\text{тр}}^{\text{T}} = 8771 \times 0,07 = 613,98 \text{ л/с}$$

Количество стволов для тушения пожара в каре

$$N_{\text{ст}}^{\text{T}} = Q_{\text{тр}}^{\text{T}} \div q_{\text{ст}} \quad (5)$$

$$N_{\text{ст}}^{\text{T}} = 613,97 \div 20 = 31 \text{ ст ГПС-2000}$$

где $q_{\text{ст}}$ – производительность по раствору ствола (пеногенератора);

$N_{\text{ст}}^{\text{T}}$ – количество стволов на тушение, округляется в большую сторону до целого значения.

Определяем требуемое количество пенообразователя для тушения в каре

$$W_{\text{ПО}} = 0,06 \times Q_{\text{ф}} \times \tau_m \times k_3 \times 60 \quad (6)$$

$$W_{\text{ПО}} = 620 \times 0,06 \times 15 \times 3 \times 60 = 100,4 \text{ м}^3$$

где τ_m – время тушения пожара от передвижной пожарной техники, принимаемое 15 мин;

$k_3 = 3$ – коэффициент запаса огнетушащего вещества.

Далее необходимо рассчитать общий расход воды на защиту и пенообразование

$$Q_{\phi} = 0,94 \times Q_{\phi} + Q_{\phi}^3 \quad (7)$$

$$Q_{\phi} = 0,94 \times 620 + 290,6 = 873,4 \text{ л/с}$$

Тушение пожара в РВСПК, охлаждение горящего и соседнего РВСПК

Площадь тушения для РВСПК

$$S_{\phi} = \pi \times D^2 / 4 \quad (8)$$

$$S_{\phi} = 3,14 \times \frac{3684,5^2}{4} = 2892,3 \text{ м}^2,$$

где D – диаметр резервуара, м.

Требуемый расход на тушение горящего резервуара и охлаждение горящего резервуаров от передвижной пожарной техники:

Требуемый расход раствора пенообразователя на тушение в РВСПК:

$$Q_{\text{тр}}^T = S_{\text{п}} \times I_{\text{тр}} \quad (9)$$

$$Q_{\text{тр}}^T = 2892,3 \times 0,08 = 231,38 \text{ л/с},$$

где $I_{\text{тр}}$ – требуемая интенсивность подачи раствора пенообразователя на тушение

Количество стволов, генераторов пены на тушение пожара в РВСПК:

На тушение рекомендуется использовать 3 пенных подъемника, количество «АКРОН-100» - 2 шт, ствол «ПУРГА-60» – 1 шт.

$$Q_{\phi}^T = N_{\text{ст}} \times q_{\text{ст}} \quad (10)$$

$$Q_{\phi}^T = 100 \times 1 + 100 + 60 = 260 \text{ л/с}$$

Для защиты пенных подъемника принимаем 3 ствола «Квадрофог-РУ»

Требуемое количество пенообразователя для тушения пожара в РВСПК

$$W_{\text{ПО}} = 0,06 \times Q_{\phi} \times \tau_m \times k_3 \times 60 \quad (11)$$

$$W_{\text{ПО}} = 260 \times 0,06 \times 15 \times 3 \times 60 = 42,1 \text{ м}^3$$

где τ_m – время тушения пожара от передвижной пожарной техники, принимаемое 15 мин;

$k_3 = 3$ – коэффициент запаса огнетушащего вещества

Общий расход воды на защиту и пенообразование

$$Q_{\phi} = 0,94 \times Q_{\phi} + Q_{\phi}^3 \quad (12)$$

$$Q_{\phi} = 0,94 \times 260 + 290,6 = 535 \text{ л/с}$$

Требуемое количество пенообразователя для тушения пожара в РВСПК

$$W_{\text{ПО}} = 100,4 + 42,1 = 142,5 \text{ м}^3$$

Запас воды для целей пожаротушения:

$$W_{\text{В}} = (q_{\text{ст.т/к}} \times N_{\text{ст.т/к}} + q_{\text{ст.з/ППП}} \times N_{\text{ст.з/ППП}}) \times t_{\text{т}} + q_{\text{охл}} \times N_{\text{ст}} \quad (13)$$

$$W_{\text{В}} = (94 \times 1 + 94 \times 1) \times 21600 = 7238,4 \text{ м}^3$$

Сравниваем имеющийся запас пенообразователя и воды на объекте с расчетными значениями, условие локализации $Q_{\phi} > Q_{\text{тр}}$

Согласно руководству по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках при горении нефти в обваловании и по зеркалу РВС, тушение необходимо начать с ликвидации горения в обваловании, после преступить к ликвидации горения в самом РВС [33].

$$Q_{\phi} = 287 \frac{\text{л}}{\text{с}} + 1210 \frac{\text{л}}{\text{с}} 11 \text{ ПНС} - 110 > Q_{\text{охл}} \quad (14)$$

$$Q_{\phi} = 287 \frac{\text{л}}{\text{с}} > Q_{\text{охл}} = 873,4 \text{ л/с}$$

$$Q_{\phi} = 287 \frac{\text{л}}{\text{с}} > Q_{\text{охл}} = 535 \text{ л/с}$$

Расчетная водоотдача кольцевого водопровода диаметром 270 мм при давлении 0,8 МПа равна 287 л/с, при установке 11-х ПНС – 110 на пожарные водоемы они могут подать до 1210 л/с.

$$Q_{\phi}^{\text{охл}} = 290 \text{ л/с} > Q_{\text{тр}}^{\text{охл}} = 228 \text{ л/с} \quad (15)$$

$$W_{\phi}^{\text{воды}} = 5000 \text{ м}^3 > W_{\text{тр}}^{\text{воды}} = 7238,4 \text{ м}^3 \quad (16)$$

$$(17)$$

$$W_{\phi} = 50 \text{ м}^3 > W_{\text{тр}} = 142,5 \text{ м}^3$$

Условие выполняется, имеющегося запаса ПО и воды на объекте достаточно для тушения РВСПК-50000 НП Самара-2 пенных подъемниками.

Количество личного состава:

$$N_{\text{л/с}} = 3 \times N_{\text{ст}}^{\text{охл}} + 3 \times N_{\text{ст.т.}}^{\text{ГДЗС}} + N_{\text{ПБ}} + N_{\text{ст. "Б"}} + 3 \times N_{\text{ПНС-110}} \quad (18)$$

$$N_{\text{л/с}} = 3 \times 3 + 3 \times 5 + 3 + 3 + 18 = 55 \text{ чел}$$

Количество отделений на АЦ

$$N_{\text{АЦ}} = (N_{\text{л}} - (3 \times N_{\text{ПНС-110}} + 3 \times N_{\text{ППП, АПП, АР-2}})) / 4 \quad (19)$$

$$N_{\text{АЦ}} = \frac{55 - 21}{4} = 9 \text{ отд.}$$

На рисунке 6 приведена схема расстановки сил и средств на тушение пожара в каре РВСПК – 50 000 № 4 НПС «Самара-2».

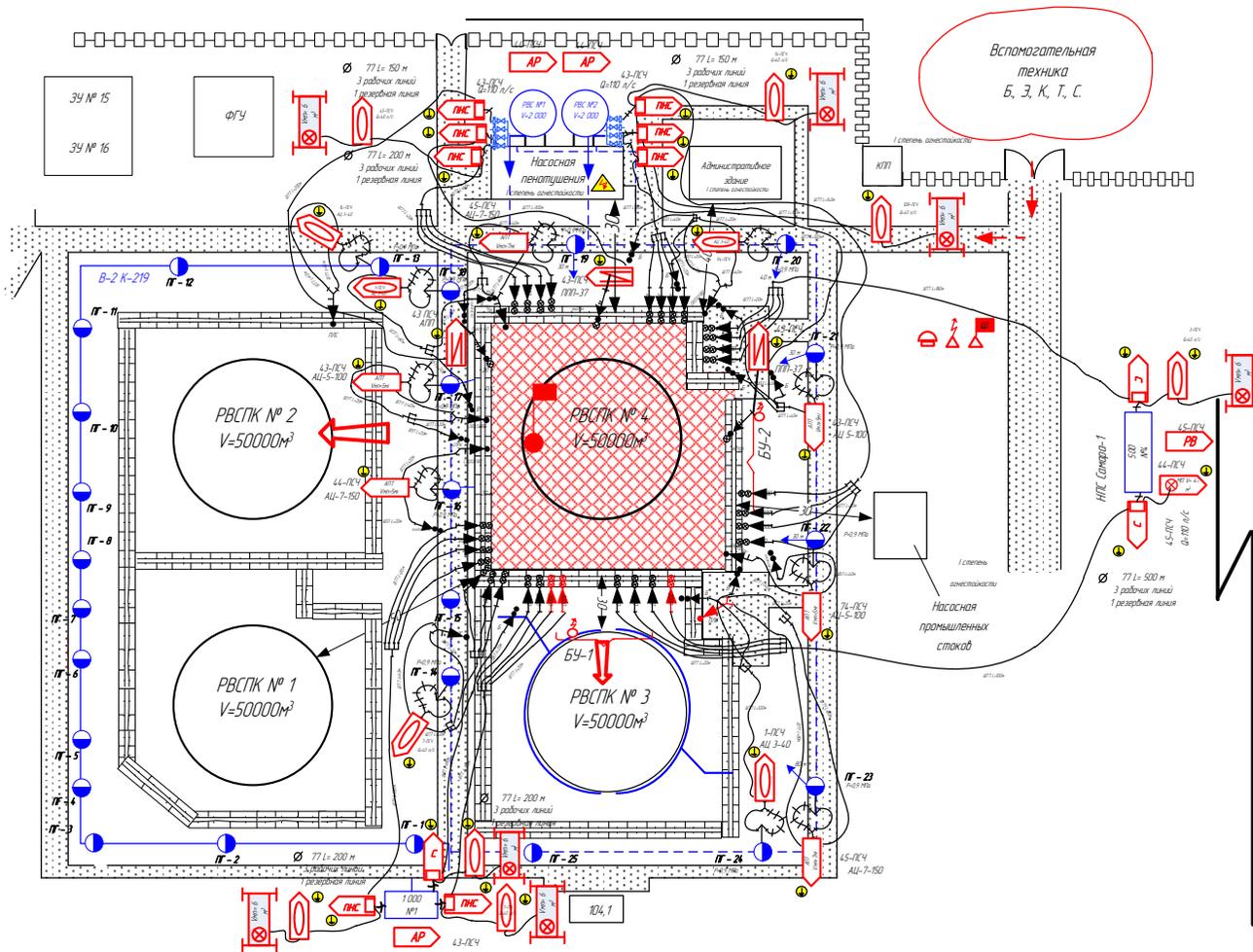


Рисунок 6 - Схема расстановки сил и средств на тушение пожара в каре РВСПК – 50 000 № 4 НПС «Самара-2»

Инженерно-технические мероприятия и организационные алгоритмы действий личного состава ГПС включают в себя, прежде всего, подачу пенных стволов на горящие РВСПК. По расчету подаются 6 стволов «Кросс файр», а также 1 ствол ПЛС-20, 9 перекрывных стволов для защиты ствольщиков. Вместе с тем, производят охлаждение резервуара. Далее, судя по прогнозу, в течение первого часа с момента возникновения пожара, происходит частичное разрушение стенок резервуара, соответственно, происходит выход нефтепродукта по всей площадке каре. Площадь пожара увеличивается, горение происходит по всей площади. По расчету общий расход воды для охлаждения резервуаров – 456 л/с. Необходимо охлаждение соседних резервуаров, а также дыхательной арматуры конкретно с подветренной стороны [37].

По расчету на тушение РВСП используется 228,76 л/с раствора пенообразователя. Исходя из тактических соображений, далее необходимо сосредоточить силы и средства подразделений пожарной охраны на проведение пенной атаки. Далее, непосредственно, проведении пенной атаки. Общий расход воды, как на тушение, так и на охлаждение составляет 215 л/с и 229 л/с соответственно. По расчету подаются 6 стволов «Кросс файр», а также 1 ствол ПЛС-20, 9 перекрывных стволов для защиты ствольщиков. Вместе с тем, производят охлаждение резервуара. Далее, судя по прогнозу, в течение первого часа с момента возникновения пожара, происходит частичное разрушение стенок резервуара, соответственно, происходит выход нефтепродукта по всей площадке каре. Площадь пожара увеличивается, горение происходит по всей площади. По расчету общий расход воды для охлаждения резервуаров – 456 л/с.

Производить охлаждение соседних РВСП и дых. арматуру РВСП, находящегося с подветренной стороны. Далее, необходимо подать на тушение 12 ГПС-2000, по-прежнему производить охлаждение соседних резервуаров и дыхательной арматуры.

2.3 Анализ пожарной безопасности при осуществлении деятельности объекта

Оценив пожарную безопасность объекта, сформулированы следующие основные достоинства системы противопожарной защиты объекта:

- Резервуарный парк защищен комбинированной системой пожаротушения, включающей в себя автоматическое водяное охлаждение резервуара, автоматическое послойное пожаротушение и тушение сверху через КНП.
- Охлаждение РВС осуществляется автоматически от противопожарного водоснабжения. При возникновении пожара необходимый запас воды (охлаждение горящего и соседних РВС) имеется [30].
- На территории резервуарного парка НПС «Самара-2» предусмотрено устройство комбинированного пожаротушения в резервуарах РВСПК-50 000 м³. Насосами станции пожаротушения обеспечивается производительность подачи раствора не менее 255л/с.
- Все резервуары РВСПК №№ 1-6 оборудованы послойным пожаротушением от передвижной пожарной техники. Узлы для подключения пожарной техники установлены на стене помещения электроприводных задвижек. Применение технологии послойного пожаротушения, в котором низкократная пена подается в основание резервуара, позволяет не зависеть от разрушений, которые наносит взрыв паровоздушной смеси в отношении традиционной навесной системы пенокамер.
- Эффективность действия системы послойного тушения сохраняется независимо от времени протекания пожара, поскольку пена поднимается на поверхность с «холодной» нефтью.

Выводы к разделу 2

Пожары, происходящие в резервуарах с ЛВЖ, как правило, начинаются с взрыва, что приводит к выводу из строя автоматических установок пожаротушения. В этом случае, тушение пожаров требует больших расходов воды для защиты горящего и соседних резервуаров, большого количества личного состава и техники. Эти пожары трудно тушимы, носят затяжной характер, приводят к значительным материальным ущербам, сопровождаются сильными тепловыми потоками, распространяющимися на большие расстояния, осложняют работу пожарных и являются причинами возникновения массовых пожаров в резервуарных парках [14].

Резервуарный парк защищен комбинированной системой пожаротушения, включающей в себя автоматическое водяное охлаждение резервуара, автоматическое послойное пожаротушение и тушение сверху через КНП [18].

Охлаждение РВС осуществляется автоматически от противопожарного водоснабжения. При возникновении пожара необходимый запас воды (охлаждение горящего и соседних РВС) имеется [38].

На территории резервуарного парка НПС «Самара-2» предусмотрено устройство комбинированного пожаротушения в резервуарах РВСПК-50 000 м³. Насосами станции пожаротушения обеспечивается производительность подачи раствора не менее 255л/с.

Производить охлаждение соседних РВСП и дых. арматуру РВСП, находящегося с подветренной стороны. Далее, необходимо подать на тушение 12 ГПС-2000, по-прежнему производить охлаждение соседних резервуаров и дыхательной арматуры [19].

3 Внедрение современных средств защиты и обеспечения ПБ в резервуарных парках (на примере нефтеперекачивающей станции НПС «Самара-2»)

3.1 Разработка алгоритмов действий

На рисунке 7 приведена схема системы взаимного обмена информацией.

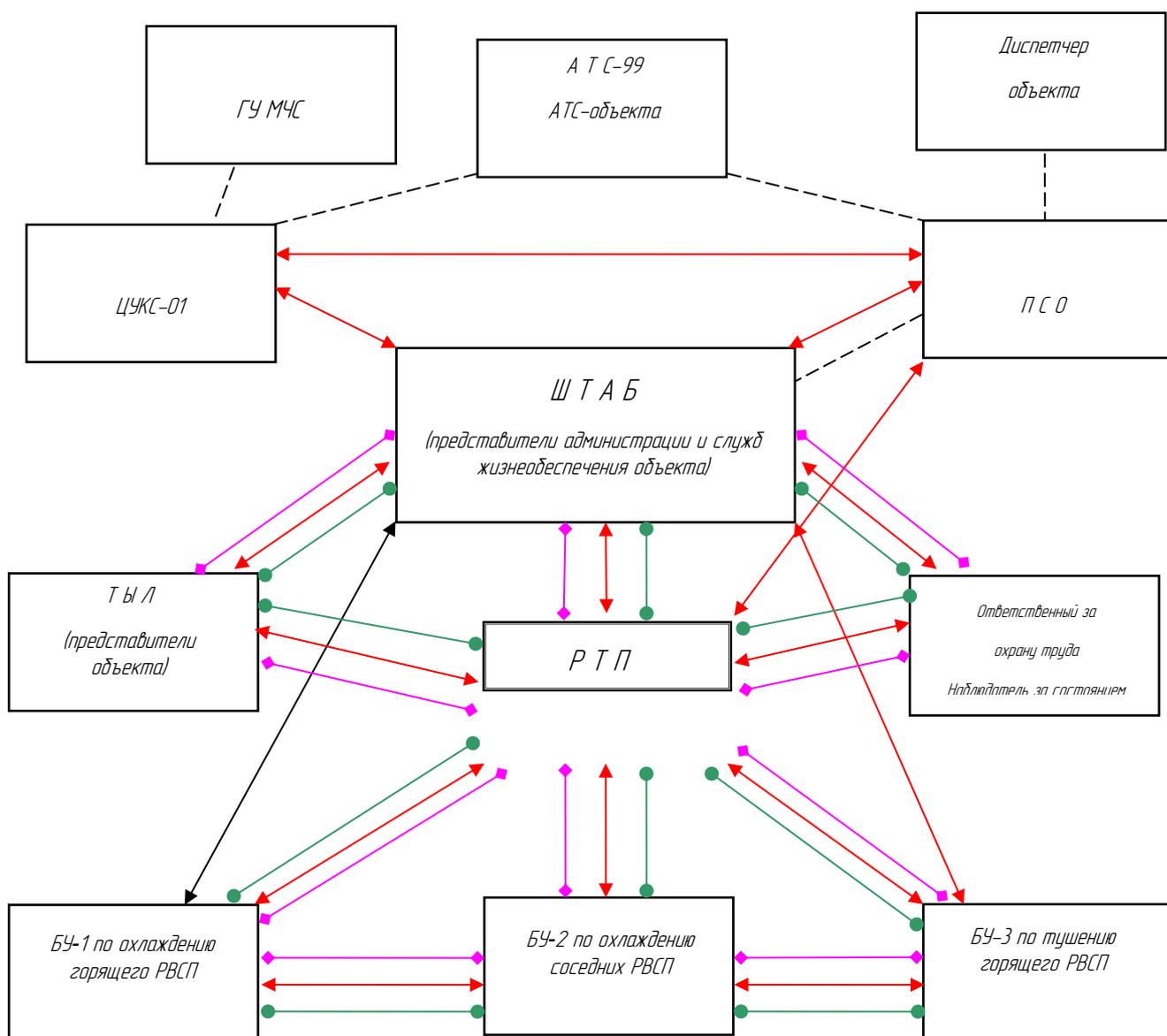


Рисунок 7 – Схема системы взаимного обмена информацией

В таблице 2 приведены сведения об организации взаимодействия пожарной охраны со службами жизни обеспечения объекта.

Таблица 2 - Организация взаимодействия пожарной охраны со службами жизни обеспечения объекта

Должностные лица объекта	Алгоритм действий	Привлекаемые должностные лица различных служб
Служба безопасности	Беспрепятственный пропуск пожарной техники на территорию площадки «Самара». По указанию РТП обеспечивает охрану места тушения пожара и ограничивает доступ посторонних лиц и техники.	Начальник караула СБ
Энергослужба	По указанию РТП производить отключение или переключение электроэнергии, освещение места пожара, выдавать письменный допуск на тушение электроустановки.	Дежурный электрик, инженер - энергетик.
Диспетчер СРНУ	Вызов к месту пожара руководство СРНУ, НПС «Самара-2» и главных специалистов. Через дежурного оператора произвести отключение технологической схемы места пожара. По требованию РТП направить через контролера УТТ и СТ или механика УТТ и СТ необходимое количество спец. техники. Поддерживать связь с РТП до прибытия руководства объекта.	Диспетчер СРНУ
Участок обслуживания и эксплуатации систем пожаротушения	По указанию РТП включить насосы 1Д200-90а для поддержания постоянного давления воды в противопожарном водопроводе, организовать сбор сотрудников участка для ликвидации возможных аварий на противопожарном водопроводе.	Оператор НПС «Самара-2»
Пункт здравоохранения	Прибыть к месту пожара с медицинской экипировкой для возможного оказания первой медицинской помощи пострадавшим.	Медицинский персонал

По прибытию к месту вызова руководитель тушения пожара обязан:

Сообщить диспетчеру ПСО необходимую информацию

- организовать и лично возглавить разведку пожара, в ходе которой установить:
- характер разрушения РВСПК и площадь растекания нефти;

- подтвердить номер (ранг) пожара № 3, вызвать силы и средства необходимые для тушения пожара;
- через диспетчера ПСО вызвать к месту пожара руководство отряда
- вызвать к месту пожара руководство объекта;
- дать указание на повышение давления в противопожарном водопроводе;
- дать указание диспетчеру Самарского РНУ на прекращение работы (закачка, откачка) соседних РВСПК, определить взлив в горящем и соседних РВСПК.
- подать лафетные стволы на охлаждение горящего РВСПК.
- следить за тем, чтобы личный состав работающий на обваловании был одет в теплоотражательные костюмы.

По прибытию на пожар старшего начальника доложить полную обстановку и действовать по его указанию.

Количество людей в резервуарном парке, при отсутствии ремонтных и строительных работ составляет 1 человек. При проведении строительно-монтажных и ремонтных работ -- до 20 человек. Зона теплового воздействия при пожаре 40-50 м от резервуара при отсутствии ветра.

Рекомендации последующему РТП по тушению пожара РВСПК - 50 000 НПС «Самара-2»:

- установить границы территории, на которой осуществляются боевые действия по тушению пожара, порядок и особенности указанных действий;
- провести разведку пожара и определить решающее направление боевых действий;
- сообщать диспетчеру ПСО необходимую информацию об обстановке на пожаре;

- организовать связь на пожаре, определить его номер (ранг), вызвать силы и средства в количестве достаточном для ликвидации пожара;
- организовать требуемое охлаждение горящего и соседних с ним резервуаров;
- определить способ тушения горящего резервуара, РВСПК № 1,2,3,4,5,6 возможно тушить только подслоиным способом;
- создать на месте оперативный штаб тушения пожара, с обязательным включением в его состав представителей администрации и инженерно-технического персонала объекта, а также при необходимости других служб;
- определить участки тушения, назначить их начальников;
- организовать подготовку к пенной атаке, назначить расчеты личного состава и ответственных лиц, из начальствующего состава для обеспечения работы средств тушения (ГПС, ГПН);
- принимать решение об использовании на пожаре специальных служб гарнизона пожарной охраны;
- лично или с помощью специально назначенных работников объекта и пожарной охраны принять меры к обеспечению необходимых требований правил охраны труда, доводить до участников тушения пожара информацию о возникновении угрозы для их жизни и здоровья;
- при угрозе вскипания, выброса или разрушения горящего резервуара создать второй рубеж защиты по обвалованию соседних резервуаров с установкой пожарных машин на удаленные водоисточники и прокладкой резервных рукавных линий с подсоединением стволов и генераторов пены;
- обеспечить в установленном порядке взаимодействие со службами жизнеобеспечения (энергетической, водопроводной, скорой

медицинской помощи и другими) привлекаемыми в установленном порядке к тушению пожара;

– установить единые сигналы для быстрого оповещения людей об опасности и известить, о них весь личный состав, работающий на пожаре и определить пути отходов в безопасное место;

– выполнять обязанности, возлагаемые на оперативный штаб, если указанный штаб на пожаре не создается.

При разведке пожара кроме выполнения общих задач необходимо определить:

– продолжительность пожара в резервуаре к моменту прибытия пожарных подразделений и характер разрушения резервуара;

– количество и вид нефти в горящем и соседних резервуарах, уровня заполнения, наличия водяной подушки (подтоварной воды);

– возможность вскипания и выброса нефти;

– состояние обвалований, угрозу повреждения смежных сооружений при выбросах или разрушениях резервуара, пути возможного растекания жидкостей с учетом рельефа местности;

– места установки пеноподъемников;

– наличие и состояние производственной и ливневой канализации, смотровых колодцев гидрозатворов;

– возможность отвода воды из обвалования и ее повторное использование для охлаждения резервуаров;

– наличие, состояние и возможность использования установок и средств пожаротушения, водоснабжения и пенообразующих веществ;

– возможность откачки или дренажа донной воды из горящего резервуара;

– возможность быстрой доставки пенообразователя с соседних объектов.

– в зависимости от вида пожара в резервуаре, имеющейся пожарной техники и ПТВ, средств пожаротушения, наличия и состояния стационарных систем пожаротушения, РТП должен определиться со способом тушения пожара.

Начальник штаба обязан:

- получать от РТП задания на расстановку сил и средств;
- изучить обстановку на пожаре путем организации непрерывной разведки и получения данных от начальников участков тушения;
- при необходимости вызвать дополнительные силы и средства и обеспечить передачу приказаний РТП начальникам подразделений;
- организовать связь на пожаре;
- докладывать РТП результаты разведки об обстановке и ходе тушения пожара;
- в случаях, не терпящих отлагательств, самостоятельно принимать решения и осуществлять их, с последующим донесением РТП;
- обеспечить отключение эл. энергии в зоне боевых действий пожарных подразделений через энергослужбу объекта, с получением допуска на тушение;
- обеспечить контроль за исполнением приказаний РТП и штаба;
- создать из прибывающих подразделений резерв;
- вызвать, при необходимости, специальные службы города (объекта) и организовать взаимодействие с этими службами;
- передавать сведения о причине возникновения пожара и о работе подразделений;
- вести оперативную документацию штаба, используя для этой цели начальника тыла и связных;
- при необходимости назначить себе заместителя;
- установить контроль за уровнем разлива в резервуаре;
- рассчитать контрольное время выброса нефти из резервуара;

- поддерживать связь со всеми службами объект.

Пенная атака для тушения пожара в резервуаре должна осуществляться одним из следующих способов:

- подачей пены средней кратности с помощью пеноподъемников, техники, приспособленных для ее подачи;
- подачей пены низкой кратности в слой горячей жидкости.
- подготовку к пенной атаке необходимо проводить в короткие сроки.

РТП лично контролирует места установки пожарной техники, ход подготовки пенной атаки, определяет места установки пеноподъемников, проверяет правильность расчетных данных для проведения пенной атаки.

Все операции по откачке нефтепродукта из горящего и соседних резервуаров должны проводиться только с разрешения администрации объекта и по согласованию с РТП.

Рекомендации начальнику тыла на пожаре:

- произвести разведку водоисточников на пожаре;
- организовать встречу и расстановку на водоисточники прибывающую пожарную технику;
- обеспечить бесперебойное водоснабжение места пожара за счет включения резервных пожарных насосов, использования источников производственного водоснабжения;
- обеспечить своевременное снабжение пожарной техники ГСМ, а также при необходимости доставку к месту пожара специальных огнетушащих средств (прицепов с легкой водой из гаража);
- вести учет техники, рукавов, огнетушащих средств и материалов, составить схему расстановки техники на водоисточники и прокладки рукавных линий;
- сосредоточить необходимое количество техники (бульдозеры, самосвалы, экскаваторы) поставку песка, проведение работ по

сооружению заградительных валов и отводных каналов для ограничения размеров возможного растекания горячей нефти;

– организовать работы по защите рукавных линий от повреждений транспортными средствами, сооружение временных проездов (настилов или углублений) в местах пересечения рукавными линиями дорог и проездов;

– при длительной работе на пожаре организовать подмену личного состава;

– организовать через представителей объекта через 3 часа тушения пожара горячие питание, сушку одежды и обогревательного состава работающего на пожаре;

Рекомендации начальнику боевого участка тушения № 1 (по охлаждению горящего РВСПК):

– вести непрерывную разведку и докладывать РТП или начальнику штаба о происходящих изменениях в конструкциях горящего резервуара, о возникновении признаков вскипания (белый дым, усиливающийся гул и т.д.) об обстановке на участке тушения;

– руководить работой по охлаждению горящего резервуара, через гребенки орошения или при повреждении системы – лафетными стволами;

– обеспечить наиболее полное и правильное использование сил и средств при выполнении задачи по охлаждению резервуара;

– обеспечить маневрирование и быструю перегруппировку сил и средств, при изменении обстановки на пожаре;

– принимать самостоятельные решения по перестановке сил и средств, обеспечивающих быстрое охлаждение горящего резервуара, с последующим докладом РТП или начальнику штаба о принятых решениях;

- докладывать РТП или начальнику штаба о выполнении боевой задачи, по охлаждению горящего резервуара на участке;
- охлаждение проводить, после ликвидации видимого горения, до остывания резервуара;

Рекомендации начальнику боевого участка тушения № 2 по охлаждению соседних РВСПК:

- вести непрерывную разведку и докладывать РТП или начальнику штаба об обстановке на участке тушения;
- руководить работой по охлаждению соседних резервуаров, через гребенки системы орошения, при повреждении системы – лафетными стволами;
- обеспечить наиболее полное и правильное использование сил и средств при выполнении задачи по охлаждению резервуаров;
- обеспечить маневрирование и быструю перегруппировку сил и средств, при изменении обстановки на пожаре;
- принимать самостоятельные решения по перестановке сил и средств, обеспечивающих быстрое охлаждение соседних резервуаров, с последующим докладом РТП или начальнику штаба о принятых решениях;
- докладывать РТП или начальнику штаба о выполнении поставленной задачи, по охлаждению соседних резервуаров на участке;4

Рекомендации ответственному за технику безопасности:

- для предупреждения вскипания или выброса горячей нефти за пределы горящего РВСПК, принять меры к удалению водяной подушки из горящего РВСПК;
- при угрозе взрыва, по заранее установленному сигналу вывести в безопасное место технику и личный состав;

- с учетом возможного взрыва и резкого увеличения площади пожара, сосредоточить необходимое количество бульдозеров, самосвалов, согласно приказу руководителя объекта;
- не допускать нахождение личного состава на крышах и обваловании соседних с горящим РВСПК;
- обеспечить работу ствольщиков с расстоянием от огня, обеспечивающее недопущение ожогов;
- смену ствольщиков производить не одновременно с тем, чтобы, как можно меньше людей находились в опасной зоне;
- для защиты личного состава, участвующего в учении, использовать теплоотражательные костюмы;
- маршрут движения пожарной и другой техники необходимо выбирать с наветренной стороны;
- личный состав пожарных частей и обслуживающий персонал объекта, не занятый в тушении пожара, необходимо удалить из опасной зоны;
- определить сигнал отхода и оповестить участников тушения пожара на случай вскипания и выброса нефти из горящего резервуара.

3.2 Выбор технических решений в области пожарной безопасности

3.2.1 Способ пенной атаки при тушении пожаров в резервуарном парке

Рассматриваемый способ пенной атаки для тушения резервуарного парка заключается в подаче пены средней кратности при непосредственном введении стационарных установок. Подается пенообразователь послойным способом при начальной фазе развития пожара, интенсивность пенной подачи варьируется от 0,038-0,059 л/м²×с, причем подача пенообразователя в зависимости от тактической возможности постепенно усиливается.

Техническим результатом, достигаемым при осуществлении предлагаемого способа, является повышение эффективности тушения.

«Известно, что пожары в резервуарах с нефтепродуктами чаще всего начинаются со взрыва паровоздушной смеси в газовом пространстве резервуара и срыва крыши или с горения паровоздушной смеси в газовом пространстве резервуара без срыва крыши, но с нарушением целостности ее в отдельных наиболее слабых местах. Частичный или полный отрыв (обрушение) крыши и воспламенение нефтепродукта по всей поверхности приводит к выходу из строя оборудования пожаротушения верхнего пояса (камер пены низкой кратности, генераторов пены средней кратности и установок водяного охлаждения). Сила взрыва оказывает влияние на характер последующего развития пожара. В зависимости от этого наблюдаются различные разрушения конструкций резервуара» [27].

Кроме того, опасным фактором при пожаре в резервуарном парке, является возможность вскипания нефтепродукта. При этом возможен выброс нефти и ее растекание за пределы резервуара, далее ожидаемо явление взрыва и разрушение резервуарной емкости.

«Пожары РП характеризуются сложными скачкообразными процессами развития, носят затяжной характер и требуют для ликвидации большого количества сил и средств.

Пожары одновременно в двух и более резервуарах одной группы в РП возникают значительно реже, чем пожары в отдельных резервуарах. Тем не менее, их доля в общем числе пожаров в РП достаточно велика и составляет около четверти. Развившиеся групповые пожары, наносят большой материальный ущерб, их тушение требует привлечения значительных сил и средств, как пожарной охраны, так и близлежащих предприятий, и продолжается длительное время.

Крайне важным для успешного тушения пожара является подача огнетушащих веществ в начальной стадии пожара. Для выполнения этого условия РП оборудованы автоматическими системами пожаротушения. При

повреждении АСПТ от взрыва паровоздушной смеси или отказа системы автоматики по иной причине тушение резервуаров организуют с применением мобильных средств пожаротушения» [27].

Среднее время тушения, затрачиваемое на ликвидацию одного пожара нефти или нефтепродукта в РП - 10,5 ч. Достаточное для проведения пенной атаки количество сил и средств чаще всего удается собрать только через 2 ч после возникновения пожара. В четверти случаев пожаров представляется возможным приступить к тушению только через 12 ч. Тушение развившихся пожаров в резервуарах может длиться в течение нескольких суток.

Резервуарные парки защищают системами управления контроля, а также подслоного тушения с применением стационарных установок, которые позволяют подавать пенообразователь в слой нефтепродукта.

«В системах подслоного пожаротушения используют современные пенообразователи типа АFFF по ГОСТ Р 50588, способные из пены низкой кратности образовывать защитную водную пленку на поверхности горящего нефтепродукта, что значительно повышает эффективность тушения пожара.

Стационарные установки подслоного пожаротушения менее подвержены разрушению при взрыве в резервуаре и могут быть использованы для проведения пенной атаки с применением мобильных средств пожаротушения.

Применяемый в настоящее время способ пенной атаки при тушении пожаров в резервуарах с нефтью и нефтепродуктами в резервуарном парке, предусматривает проведение пенной атаки после сосредоточения сил и средств для подачи раствора из пенообразователя с нормативной интенсивностью:

- для нефти и нефтепродуктов с температурой вспышки $T_{всп} \leq 28^\circ\text{C}$ нормативная интенсивность - 0,10 л/(м²·с);
- для нефти и нефтепродуктов с температурой вспышки $T_{всп} > 28^\circ\text{C}$ нормативная интенсивность - 0,08 л/(м²·с)» [27].

Проведение пенной атаки целесообразно только после подачи водяных стволов на охлаждение горящих и соседних резервуаров.

«Известный способ обладает существенным недостатком: для подачи огнетушащих веществ с нормативной интенсивностью и одновременного охлаждения резервуаров требуется сосредоточение значительных сил и средств гарнизона пожарной охраны. В данном случае время свободного развития пожара значительно увеличивается, создается угроза разрушения резервуара.

Таким образом, к моменту начала пенной атаки, в соответствии с вышеприведенными сведениями и в результате увеличения теплового потока от горящего резервуара пожар может распространиться на соседние резервуары и перейти в форму затяжного пожара со сложными скачкообразными процессами развития. Ликвидация таких пожаров требует привлечение сил и средств пожарной охраны из соседних гарнизонов пожарной охраны и промышленных предприятий» [27].

Под пенной атакой в данном контексте следует понимать, как подачу пены в очаг пожара с интенсивностью, необходимой для достижения скорой ликвидации пожара. Тем самым, ожидается при внедрении данного технического способа – увеличение скорости тушения развившегося пожара.

Развитием и уточнением заявленного изобретения является то, что:

- для нефти с температурой вспышки $T_{всп} \leq 28^{\circ}\text{C}$ увеличение интенсивности подачи раствора из пенообразователя осуществляют до $0,10 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;
- для нефтепродуктов с температурой вспышки $T_{всп} \leq 28^{\circ}\text{C}$ увеличение интенсивности подачи раствора из пенообразователя осуществляют до $0,10 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;
- для нефти с температурой вспышки $T_{всп} > 28^{\circ}\text{C}$ увеличение интенсивности подачи раствора из пенообразователя осуществляют до $0,08 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

- для нефтепродуктов с температурой вспышки $T_{всп} > 28^{\circ}\text{C}$ увеличение интенсивности подачи раствора из пенообразователя осуществляют до $0,08 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

«Основным средством тушения пожаров продукта является пена. Пена на основе синтетического фторсодержащего пленкообразующего пенообразователя типа AFFF по ГОСТ Р 50588 является наиболее эффективной для тушения продукта и может применяться, в том числе, для подслоного пожаротушения, поскольку применение пенообразователей других типов, пена при прохождении через слой продукта насыщается парами углеводородов и теряет огнетушащую способность.

Осуществление подачи раствора из пенообразователя типа AFFF с интенсивностью $0,034 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ - $0,055 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, и дальнейшее ее увеличение до $0,08$ - $0,10 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ в зависимости от вида нефти или нефтепродукта обеспечивает существенное снижение интенсивности горения, величины теплового потока, высоты пламени, температуры прогрева стенок горящего и соседних с ним резервуаров, тем самым повышая эффективность тушения» [27].

«Выбор интенсивности подачи раствора из пенообразователя типа AFFF через стационарные установки подслоного пожаротушения обусловлен тем, что при интенсивности менее $0,034 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ существенного снижения интенсивности горения, величины теплового потока, высоты пламени, температуры прогрева стенок горящего и соседних с ним резервуаров не происходит, при интенсивности подачи раствора из пенообразователя ($0,034 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ - $0,055 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$) начинает образовываться защитная пленка на поверхности горящего продукта, которая предотвращает развитие пламени по зеркалу продукта, что значительно повышает эффективность тушения пожара, а для осуществления подачи раствора с интенсивностью выше $0,055 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ необходимо привлечение дополнительного количества сил и средств пожарной охраны для проведения

пенной атаки, а также время для боевого развертывания пожарного караула» [27].

При подаче раствора с интенсивностью 0,055 л/(м²·с), но ниже 0,10 л/(м²·с), осуществляется покрытие пеной площади горящего продукта, что позволяет значительно снизить интенсивность горения в резервуаре и степень воздействия на соседние резервуары, а также сохранить слой пены в течение определенного времени, однако, при данной интенсивности не обеспечивается тушение пожара за нормативное время 15 мин.

Способ пенной атаки (способ тушения пожара в резервуарном парке для хранения нефти или нефтепродуктов) описан на основании проведенных натуральных экспериментов на начальной стадии пожара в резервуаре силами и средствами одного караула пожарной охраны объекта из двух отделений на автоцистернах с пенообразователем. Пенная атака резервуара РВС-5000 с горящим бензином ($T_{всп} \leq 28^{\circ}\text{C}$) начинается сразу по прибытии к месту пожара первого отделения караула пожарной охраны, которое обеспечило через стационарную установку подслоного пожаротушения подачу раствора из фторсинтетического пленкообразующего пенообразователя типа АFFF с интенсивностью 0,034 л/(м²·с) и далее, при выполнении боевого развертывания караула оперативно увеличило ее до нормативной - 0,10 л/(м²·с).

По результатам использования заявленного способа пенной атаки было установлено существенное снижение интенсивности горения, величины теплового потока, высоты пламени, температуры прогрева стенок горящего и соседних с ним резервуаров.

Тушение с применением данного способа, с учетом увеличения интенсивности подачи раствора из пенообразователя до 0,10 л/(м²·с), наступило через 4 мин 50 с.

По результатам натуральных экспериментов, было установлено, что тушение бензина в резервуаре РВС-5000 используя известный способ, при подаче раствора из пенообразователя с интенсивностью 0,068 л/(м²·с),

наступило лишь на 32 мин. Данный пример доказывает актуальность применения предлагаемого изобретения.

Таким образом, установлено, что при подаче раствора из пенообразователя с интенсивностью 0,034 л/(м²·с)-0,055 л/(м²·с), и последовательным увеличением до 0,08-0,10 л/(м²·с) в зависимости от вида нефти или нефтепродукта обеспечивается достижение технического результата.

Данный способ может являться фактором сдерживания, предотвращающим возможность дальнейшего развития пожара в резервуарном парке.

Способ позволяет повысить эффективность тушения пожаров в резервуарном парке за счет снижения интенсивности горения, и, следовательно, снижения теплового потока от горящего резервуара, что позволяет не допустить развитие пожара не только на одном резервуаре, но и на соседних.

3.2.2 Автономная установка пенного пожаротушения, система пожаротушения крупных резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями

Рассматриваемая автономная установка – это герметичная емкость с водой с баком для хранения пенообразователя с газогенератором его вытеснения в емкость с водой и образованием раствора пенообразователя, который насыщается продуктами горения заряда и под давлением газов, образуемых в газогенераторах вытеснения, подается на объект пожара с образованием низкократной пены. «Заявленный способ осуществляется с помощью системы пожаротушения, которая включает две или более автономных установок, снабженных пожарными извещателями, причем по сигналу сработавшего извещателя первой включается установка, расположенная к очагу пожара диаметрально противоположно» [1].

«Изобретение относится к области пенного пожаротушения, а именно к тушению пожаров горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, охватывающих большие площади горения в складах, цехах, в крупных резервуарных парках хранения горючего, при горении разлитых легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на открытых пространствах» [1].

«Сущность данного технического решения заключается в том, что в устройстве для получения самовспенивающейся газонаполненной пены, включающем в себя герметичную емкость, газогенерирующее устройство с твердотопливным зарядом, систему трубопроводов и подающих патрубков, газогенерирующее устройство снабжено зарядом аэрозолеобразующего состава, установлено в верхней части емкости и снабжено газовой трубой с наружным теплозащитным покрытием, в нижней части газовой трубы установлен конический рассекающий аэрозольных продуктов горения заряда с радиальными отверстиями, обеспечивающими истечение их в нижнюю часть емкости и барботаж раствора пенообразователя с насыщением раствора огнетушащим аэрозолем, а генератор газогенерирующего устройства выполнен в виде комплекта генераторов аэрозоля, состоящего из двух или более генераторов, имеющих отдельные камеры сгорания с газовыми трубами и включаемых одновременно, последовательно или группами в соответствии с требуемой интенсивностью подачи раствора пенообразователя на очаг горения» [1].

При правильном и целесообразной эксплуатации установки, разные виды огнетушащего вещества необходимо хранить отдельно друг от друга, тем самым продлевая срок службы.

Все виды огнетушащего вещества в установке хранятся отдельно друг от друга, что гарантирует о длительном сохранении ОВ для последующей его подачи.

Поскольку камеры газогенераторы включаются постепенно, не все сразу, можно регулировать уровень давления раствора. Тем самым, происходит своевременный необходимый расход пенообразователя.

«Заряды из специального твердого топлива содержат в своем составе оптимальное количество - до 65% солей калия, образующих при сгорании мелкодисперсные частицы аэрозоля, заполняющие пузырьки образующейся пены. При попадании в зону горения нефтепродуктов частицы аэрозоля ингибируют пламенное горение в резервуаре и способствуют интенсивному пожаротушению» [1].

Заявляемая автономная установка пенного пожаротушения представлена на рисунке 8. Это, прежде всего, емкость с водой, бак для пенообразователя и газогенератор на фланце для его вытеснения.

Мембрана обеспечивает разделение воды, заправленной в емкость и пенообразователя, заправляемого в пенобак, что позволяет длительное время сохранять исходные характеристики этих компонентов пены.

«Газогенераторы, обеспечивающие интенсивное перемешивание раствора пенообразователя и вытеснение получаемой пены по трубопроводу через распыливающий насадок на объект пожара, запускаются в работу электроинициаторами. Внутри газогенераторов размещены заряды газогенерирующего состава с бронирующим покрытием, которое позволяет изменять площадь горячей поверхности заряда и, таким образом, регулировать газоприток и давление вытеснения пены.

Газогенераторы снабжены газоводными трубами, имеющими в нижней части тангенциально расположенные в два ряда отверстия, направленные во встречном направлении, что обеспечивает интенсивное перемешивание раствора пенообразователя с насыщением аэрозольными продуктами горения и образованием пузырьков пены» [1].

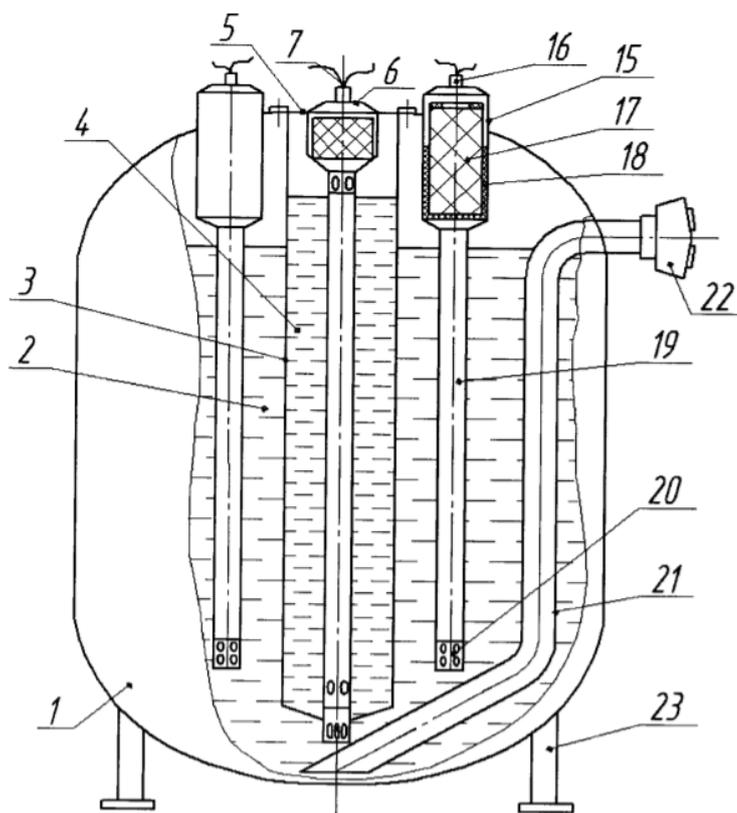
Примечательно, достоинство установки, в том, что ее можно размещать без различных поддерживающих устройств и площадок.

3.2.3 Устройство для тушения пожаров на резервуарах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями

Устройство для тушения пожаров на резервуаре с легковоспламеняющейся и горючей жидкостью, характеризующееся тем, что содержит по крайней мере одно средство для подачи в зону пожара огнетушащего вещества и по крайней мере одно средство для предварительной обработки стенок и оборудования резервуара при возникновении пожара неорганической быстротвердеющей пеной для теплоизоляции и огнезащиты стенок и оборудования резервуара от температуры и пламени пожара, содержащее герметичный корпус с размещёнными в нём компонентами неорганической быстротвердеющей пены, средство смешивания и последующего вспенивания смеси компонентов неорганической быстротвердеющей пены с получением неорганической быстротвердеющей пены, средства отдельной подачи компонентов неорганической быстротвердеющей пены воздействием давления вытесняющего газа из корпуса в средство смешивания и последующего вспенивания смеси компонентов неорганической быстротвердеющей пены с получением неорганической быстротвердеющей пены и средство подачи неорганической быстротвердеющей пены на стенки и оборудование резервуара.

«Полезная модель относится к области пожаротушения, предотвращения развития и ликвидации пожаров на крупных резервуарах с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) и горючими жидкостями (ГЖ) и может найти применение в нефтегазовой, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности и других отраслях народного хозяйства для тушения пожаров ЛВЖ и ГЖ на крупных резервуарах объемом от 5.000 до 50.000 м³ и более, для которых обязательно наличие автоматизированных средств пожаротушения» [34].

На рисунке 8 приведена схема устройства для тушения ЛВЖ.



«1-генераторы ВМП; 2-поворотные узлы генераторов пены; 3-фланцы подключения генераторов пены к напорному трубопроводу; 4-стенки резервуара; 5-трубопроводы подвода и подачи огнетушащего вещества (ОТВ); 6 - средства крепления трубопровода; 16-модули устройств генерации; 17-зоны обработки быстротвердеющей пеной, 18-зоны тушения пожара обычным огнетушащим веществом; 19-зоны горения; 20-насадки устройств генерации, вспенивания и подачи неорганической быстротвердеющей пены на стенки и оборудование резервуара; 21-компонент быстротвердеющей пены; 22-компонент быстротвердеющей пены; 23-газогенераторы; 24- понтон резервуара; 25-тепловая и лучистая энергия» [34]

Рисунок 8 - Схема устройства для тушения ЛВЖ

«Поставленная задача решается и требуемый технический результат при использовании полезной модели достигается тем, что устройство для тушения пожаров на резервуаре с легковоспламеняющейся и горючей жидкостью содержит по крайней мере одно средство для подачи в зону пожара огнетушащего вещества и по крайней мере одно средство для предварительной обработки стенок и оборудования резервуара при возникновении пожара неорганической быстротвердеющей пеной для

теплоизоляции и огнезащиты стенок и оборудования резервуара от температуры и пламени пожара, содержащее герметичный корпус с размещенными в нем компонентами неорганической быстротвердеющей пены, средство смешивания и последующего вспенивания смеси компонентов неорганической быстротвердеющей пены с получением неорганической быстротвердеющей пены средства отдельной подачи компонентов неорганической быстротвердеющей пены воздействием давления вытесняющего газа из корпуса в средство смешивания и последующего вспенивания смеси компонентов неорганической быстротвердеющей пены с получением неорганической быстротвердеющей пены и средство подачи неорганической быстротвердеющей пены на стенки и оборудование резервуара» [34].

Давление в техническом устройстве создается вытесняющим газом твердотопливным генератором.

«Средство смешивания и последующего вспенивания компонентов неорганической быстротвердеющей пены в средстве для обработки стенок и оборудования резервуара неорганической быстротвердеющей пеной изготовлено в виде эжекторного смесителя-пеногенератора с возможностью смешивания компонентов и вспенивания смеси компонентов неорганической быстротвердеющей пены эжектируемым смеситель-пеногенератор атмосферным воздухом.

Средство подачи компонентов неорганической быстротвердеющей пены из корпуса в средство смешивания компонентов огнетушащего вещества в устройстве для обработки стенок и оборудования резервуара неорганической быстротвердеющей пеной выполнено в виде трубопровода одного компонента и расположенного внутри него трубопровода другого компонента неорганической быстротвердеющей пены.

«Устройство в вариантах конструктивного исполнения может быть выполнено с возможностью автоматизированного или управляемого перемещения и осциляции в вертикальной и/или горизонтальной плоскостях,

направляемых на стенки и оборудование резервуара струй неорганической быстротвердеющей пены;

- с возможностью генерации и подачи на стенки и оборудование резервуара неорганической быстротвердеющей пены в виде вспененного геля кремнезема SiO_2 с получением на поверхности стенок и оборудования резервуара твердого пенокерамического материала на основе вспененного геля кремнезема SiO_2 ;
- с возможностью генерации и подачи неорганической быстротвердеющей пены на внутренние и/или наружные стенки резервуара и на расположенное внутри и/или снаружи оборудование резервуара;
- с возможностью генерации и подачи на стенки и оборудование резервуара неорганической быстротвердеющей пены в виде вспененного геля кремнезема SiO_2 с получением на поверхности стенок и оборудования резервуара твердого пенокерамического материала на основе вспененного геля кремнезема SiO_2 , обладающего термостабильностью при воздействии температуры 1000°C не менее 60 минут, который, содержит, масс.%, в не обезвоженном состоянии 13-65%, преимущественно 20-50% кремнезема, 1-15 %, преимущественно 6 % пенообразующего поверхностно-активного вещества, вода-остальное;
- имеет объемную массу 0,1-0,8 г/см³;
- имеет объемную устойчивость не менее 22 часов при изменении объема не более 10 %, а в обезвоженном состоянии имеет объемную массу 0,05-0,1 г/см³ и сохраняет не менее 95 % объемной формы при нагреве до температуры 1000°C в течении не менее 40 минут;
- имеет микро- и макропористую структуру с удельной площадью поверхности не менее 20 м²/гр;
- имеет пластичную структуру геля с кратностью от 2 до 20;

- имеет твердость по показателю вязкости более 100Па·с;
- имеет белый или желтовато-белый цвет» [34].

«При возникновении пожара внутренние и наружные стенки резервуара и расположенное внутри и снаружи оборудование резервуара обрабатывают неорганической быстротвердеющей пеной для теплоизоляции и огнезащиты стенок и оборудования резервуара от температуры и пламени пожара, а в зону пожара подают огнетушащее вещество.

При этом в качестве возможного варианта сначала обрабатывают внутренние и наружные стенки резервуара и расположенное внутри и снаружи оборудование резервуара неорганической быстротвердеющей пеной для теплоизоляции и огнезащиты стенок и оборудования резервуара от температуры и пламени пожара, а затем в зону пожара подают огнетушащее вещество» [34].

Данное техническое средство также предполагает в своем устройстве автоматическую систему обработки внутренней полости резервуара. Это достигается путем повышения нормированного показателя температуры, а также появления пламени.

3.3 Внедрение автоматизированных систем по управлению тренировочным комплексом как способ минимизации ошибок

«Тушение пожаров в резервуарах и резервуарных парках представляет собой боевые действия, направленные на ликвидацию пожара.

Управление боевыми действиями при тушении пожара предусматривает:

- оценку обстановки и создание соответствующей требованиям БУПО нештатной структуры управления боевыми действиями на месте пожара;
- определение компетенции оперативных должностных лиц и их персональной ответственности при выполнении поставленных задач;

- планирование действий по тушению пожара, в том числе определение необходимых сил и средств, принятие решений по организации боевых действий;
- постановку задач перед участниками тушения пожара, обеспечение контроля и необходимого реагирования на изменение обстановки на пожаре;
- осуществление в установленном порядке учета изменения обстановки на пожаре, применения сил и средств для его тушения, а также регистрацию необходимой информации, в том числе диспетчером и с помощью технических средств нештатной службы управления гарнизона;
- проведение других мероприятий, направленных на обеспечение эффективности боевых действий по тушению пожара» [22].

Непосредственное руководство тушением пожара осуществляется руководителем тушения пожара, прибывшим на пожар старшим должностным лицом пожарной охраны (если иное не установлено другими документами). РТП на принципах единоначалия управляет личным составом, участвующим в боевых действиях по тушению пожара, а также привлеченными силами.

Указания РТП обязательны для исполнения должностными лицами и гражданами на территории, где осуществляются боевые действия по тушению пожара.

Никто не вправе вмешиваться в действия РТП или отменять его распоряжения при тушении пожара.

«Руководитель тушения пожара обязан:

- обеспечивать управление боевыми действиями на пожаре непосредственно или через оперативный штаб;
- установить границы территории, на которой осуществляются боевые действия по тушению пожара, порядок и особенности указанных действий;

- провести разведку пожара и определить решающее направление боевых действий;
- сообщать диспетчеру гарнизона пожарной охраны необходимую информацию об обстановке на пожаре;
- организовывать связь на пожаре;
- определить его номер (ранг), вызвать силы и средства в количестве, достаточном для ликвидации пожара;
- организовать требуемое охлаждение горящего и соседних с ним резервуаров;
- определить способ тушения горящего резервуара;
- создать на месте оперативный штаб тушения пожара с обязательным включением в его состав представителей администрации и инженерно-технического персонала объекта и, при необходимости, других служб;
- определить боевые участки и назначить их начальников;
- организовать подготовку пенной атаки, назначить расчеты личного состава и ответственных лиц из начальствующего состава для обеспечения работы средств тушения (ГПС, ГНП, переносных мониторов);
- принимать решения об использовании на пожаре специальных служб гарнизона пожарной охраны;
- лично и с помощью специально назначенных работников объекта и пожарной охраны обеспечить выполнение правил охраны труда, доводить до участников тушения пожара информацию о возникновении угрозы для их жизни и здоровья;
- при угрозе вскипания, выброса или разрушения горящего резервуара создать второй рубеж защиты по обвалованию соседних резервуаров с установкой пожарных машин на удаленные водоисточники и прокладкой резервных рукавных линий с подсоединением стволов и генераторов пены;

- обеспечивать в установленном порядке взаимодействие со службами жизнеобеспечения (энергетической, водопроводной, скорой медицинской помощи и др.), привлекаемыми в установленном порядке к тушению пожара;
- выполнять обязанности, возлагаемые в соответствии со статьями 56, 62-64 БУПО на оперативный штаб, если указанный штаб на пожаре не создается» [22].

«При разведке пожара кроме выполнения общих задач, изложенных в БУПО, необходимо определить:

- продолжительность пожара в резервуаре к моменту прибытия пожарных подразделений и характер разрушения резервуара;
- количество и вид ЛВЖ и ГЖ в горящем и соседних резервуарах, уровни заполнения, наличие водяной подушки (подтоварной воды);
- возможность вскипания и выброса;
- состояние обвалований, угрозу повреждения смежных сооружений при выбросах или разрушениях резервуара, пути возможного растекания жидкостей с учетом рельефа местности;
- места установки пеноподъемников, пеномониторов;
- наличие и состояние производственной и ливневой канализации, смотровых колодцев и гидрозатворов;
- возможность отвода воды из обвалования и ее повторного использования для охлаждения резервуаров;
- возможность откачки нефти (нефтепродуктов) из горящего резервуара и заполнения его водой, паром, инертными газами;
- наличие, состояние и возможность использования установок и средств пожаротушения, водоснабжения и пенообразующих веществ;
- возможность откачки или дренажа донной воды из горящего резервуара;
- возможность быстрой доставки пенообразователя с соседних объектов» [22].

Способ тушения пожара зависит от специфики и назначения имеющейся на вооружении гарнизона пожарной охраны основной и специальной техники, а также средств тушения пожара и пожарнотехнического вооружения.

«Пенная атака для тушения пожара в резервуаре должна осуществляться одним из следующих способов:

- подачей пены средней кратности с помощью пеноподъемников, техники, приспособленной для ее подачи, или стационарных пенокамер в случае их работоспособности;
- подачей пены низкой кратности на поверхность горючей жидкости с помощью мониторов;
- подачей пены низкой кратности в слой горючей жидкости (при наличии системы подслоного тушения)» [22].

Подготовку к пенной атаке необходимо проводить в короткие сроки. РТП лично контролирует места установки пожарной техники, ход подготовки пенной атаки, определяет места установки пеноподъемников, проверяет правильность расчетных данных для проведения пенной атаки.

«Тушение пожара подачей пены в основание резервуара может быть осуществлено двумя способами. Первый заключается в подаче низкократной пены снизу на поверхность горящей жидкости через эластичный рукав, который защищает пену от непосредственного контакта с нефтепродуктом. Такая защита пены необходима, поскольку для ее получения применяется обычный пенообразователь общего назначения. Вторым способом - подача низкократной пены непосредственно в слой горючей жидкости - стал возможным после появления фторсодержащих пленкообразующих пенообразователей, пены которых инертны к нефти и нефтепродуктам. Он является более надежным и простым в исполнении» [22].

«Преимущество подслоного способа перед традиционным, где пену подают сверху, заключается в защищенности генераторов пены и пенопроводов от взрыва паровоздушной смеси. Важно, что при реализации подслоного

способа личный состав пожарных подразделений и техника находятся за обвалованием и меньше подвергаются непосредственной опасности от выброса или вскипания горячей нефти» [22].

При ликвидации пожаров в резервуарах, оборудованных системой подслоного тушения, подача пены низкой кратности осуществляется непосредственно в слой нефтепродукта через пенопроводы системы пожаротушения, находящиеся в нижней части резервуара, с помощью передвижной пожарной техники.

«Система подслоного тушения включает протяженную линию трубопроводов для подачи пенообразующего раствора к пеногенераторам и далее низкократной пены по пенопроводам через стенку резервуара внутрь, непосредственно в нефтепродукт, через систему пенных насадков.

Тушение пожаров подачей пены в слой горючего возможно только при использовании специальных пенообразователей, обладающих инертностью к нефтепродуктам и способных образовывать пленку на поверхности горючей жидкости» [22].

На рисунке 9 приведена схема тушения после внедрения мероприятий.

Выводы к разделу 3

РТП лично контролирует места установки пожарной техники, ход подготовки пенной атаки, определяет места установки пеноподъемников, проверяет правильность расчетных данных для проведения пенной атаки.

Все операции по откачке нефтепродукта из горящего и соседних резервуаров должны проводиться только с разрешения администрации объекта и по согласованию с РТП.

По прибытию на пожар старшего начальника доложить полную обстановку и действовать по его указанию.

Количество людей в резервуарном парке, при отсутствии ремонтных и строительных работ составляет 1 человек. При проведении строительно-монтажных и ремонтных работ - до 20 человек. Зона теплового воздействия при пожаре 40-50 м от резервуара при отсутствии ветра.

Способ пенной атаки при тушении пожаров в резервуарном парке заключается в подаче пены средней кратности при непосредственном введении стационарных установок. Подается пенообразователь послойным способом при начальной фазе развития пожара, интенсивность пенной подачи варьируется от 0,038-0,059 л/м²×с, причем подача пенообразователя в зависимости от тактической возможности постепенно усиливается. Техническим результатом, достигаемым при осуществлении предлагаемого способа, является повышение эффективности тушения.

Автономная установка пенного пожаротушения, система пожаротушения крупных резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями – это герметичная емкость с водой с баком для хранения пенообразователя с газогенератором его вытеснения в емкость с водой и образованием раствора пенообразователя, который насыщается продуктами горения заряда и под давлением газов, образуемых в газогенераторах вытеснения, подается на объект пожара с образованием низкократной пены.

Заключение

Исполнение средства подачи раствора пенообразователя в виде устройств для подачи раствора пенообразователя, установленных равномерно по периметру резервуара и направленных над поверхностью горения с чередованием ориентации одних в направлении вдоль стенок резервуара, а других - под углом к радиальному направлению в сторону центра со смещением в сторону потока, сориентированного вдоль стенок резервуара позволяет:

- создать два независимых потока раствора пенообразователя вдоль поверхности горения;
- осуществить закрутку каждого потока с использованием сила Кориолиса;
- равномерно распределить образовавшуюся пену по всей поверхности горения без ее перерасхода.

Монтаж устройств для формирования потока раствора пенообразователя на разных уровнях позволяет эффективно распределить раствор пенообразователя на большой площади очага пожара без пересечения изливающихся на горящую поверхность потоков указанного раствора.

На данный момент послойный способ пожаротушения является самым эффективным, поскольку обеспечивает оперативное тушение пожара за счет образования на поверхности горячей жидкости огнестойкой самозатягивающейся пленки из всплывших на поверхность мелких пузырьков пены, перекрывающих доступ кислорода в зону горения, так же позволяет резко снизить температуру нефти независимо от диаметра защищаемого резервуара» [28].

В диссертационной работе получены следующие основные научные результаты, улучшающие управленческую деятельность и оптимизирующие решения, принимаемые оперативным штабом пожаротушения и комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а именно:

Для моделирования системы управления пожарно-спасательными подразделениями был использован один из последних результатов теории управления распределенными системами - технология многоагентных систем.

При анализе оперативной обстановки при пожаре и чрезвычайных ситуациях использовались методы интеллектуального анализа данных, заключающиеся в использовании алгоритмов обработки для выявления скрытых тенденций, закономерностей, взаимосвязей и перспектив развития ситуаций, рассмотрение которых поможет улучшить качество решений. Показано, что использование методов интеллектуального анализа данных порождает проблему субъективного выбора метода и требует субъективно-критического понимания результатов анализа.

Одной из основных задач управления силами и средствами при пожарах и чрезвычайных ситуациях является задача распределения ресурсов между пожарными и спасательными частями. Основная проблема здесь - точное определение руководителем истинных потребностей в ресурсе различных подразделений того или иного типа (точная зависимость эффективности работы подразделений от объема полученного ресурса неизвестна). Следовательно, поскольку общий объем ресурса в большинстве случаев ограничен, возникает проблема оптимального распределения ресурса. Для ее решения предложены механизмы распределения ресурсов: прямые и обратные приоритеты, конкурентные и децентрализованные механизмы.

На основе рассмотренных пожаров и пожарно-тактических учений проведено сравнение количества задействованных пожарных при тушении пожаров с требуемым, фактическим и расчетным количеством. Расчет

необходимого количества пожарных проводился по децентрализованным механизмам и было определено, что при пожарах в 94,4% случаев распределение личного состава было неэффективным, что в свою очередь увеличивает время локализации и ликвидации пожара и приводит к увеличению ущерба от пожаров и чрезвычайных ситуаций.

Разработан метод моделирования рациональной организационной структуры системы управления пожарно-спасательными подразделениями, позволяющий на основе имеющихся человеческих ресурсов и возможностей определить, какие люди должны занимать определенные должности в структуре управления, чтобы эффективность работы Максимальное функционирование пожарных и спасательных подразделений, т.е. решить задачу формирования оптимального состава.

Предложены схема согласования решений при организации взаимодействия различных подразделений при ликвидации пожаров и аварийных ситуаций, алгоритмы согласования оценок и решений руководителей взаимодействующих подразделений.

Один из последних результатов теории распределенных устройств. Системное управление - технология многоагентных систем - была использована для моделирования системы управления пожарно-спасательными подразделениями.

При анализе оперативной обстановки при пожаре и в аварийной ситуации использовались методы интеллектуального анализа данных, заключающиеся в использовании алгоритмов обработки для выявления скрытых тенденций, закономерностей, взаимосвязей и перспектив для развития ситуаций, учет которых поможет повысить качество решений

Распределить ресурс оптимальным образом, механизмы распределения ресурса прямых и обратных приоритетов, конкурентные и децентрализованные механизмы предложены.

Разработана методология моделирования рациональной организационной структуры системы управления пожарно-спасательными

подразделениями, которая позволяет на основе имеющихся человеческих ресурсов и возможностей определить, какие люди должны занять определенные должности в структуре управления, чтобы эффективность работы пожарно-спасательных формирований была максимальной, то есть для решения задачи формирования оптимального состава

Схема для согласования решения при организации взаимодействия различных подразделений при ликвидации пожаров и аварийных ситуаций, предложены алгоритмы согласования оценок и решений руководителей взаимодействующих подразделений.

Автономная установка пенного пожаротушения, система пожаротушения крупных резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями. Рассматриваемая автономная установка – это герметичная емкость с водой с баком для хранения пенообразователя с газогенератором его вытеснения в емкость с водой и образованием раствора пенообразователя, который насыщается продуктами горения заряда и под давлением газов, образуемых в газогенераторах вытеснения, подается на объект пожара с образованием низкократной пены.

Список используемых источников

1. Автономная установка пенного пожаротушения, система пожаротушения крупных резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями: пат. 2 674 710 Рос. Федерация : А62С 3/00 (2006.01) / Милёхин Ю.М. ; заявитель и патентообладатель ФГУП ФЦДТ «Союз». – № 2018113448; заявл. 13.04.2018 ; опубл. 12.12.2018, Бюл. № 35. – 7 с. [Электронный ресурс] — URL: <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=5b4cc58941b75b3a9ebef58618568946> (дата обращения: 02.04.2021).
2. Карманный справочник нефтепереработчика / М.Г. Рудин. – М. : ОАО ЦНИИТЭнефтехим, 2004. - 332 с.
3. Межгосударственный стандарт. Автомобильные транспортные средства для транспортировки и заправки нефтепродуктов. Технические требования ГОСТ 33666–2015. – Введ. 2013–06–24. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2013. – 27 с.
4. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства от 30.12.2003 № 794 (РЕД. ОТ 02.04.2020)URL: <https://rulaws.ru/goverment/Postanovlenie-Pravitelstva-RF-ot-30.12.2003-N-794/> (дата обращения: 02.04.2021).
5. О защите населения и территории от ЧС [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 11.11.1994 N 68-ФЗ (РЕД. ОТ 08.12.2020)URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-68-FZ/> (дата обращения: 02.04.2021).
6. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (РЕД. ОТ 27.12.2019)URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-69-FZ/> (дата обращения: 02.04.2021).

7. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444. URL: <https://rulings.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-16.10.2017-N-444/> (дата обращения: 23.03.2021).

8. Об утверждении положения о пожарно-спасательных гарнизонах [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 25.10.2017 № 467. URL: <https://rulings.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-25.10.2017-N-467/> (дата обращения: 23.04.2021).

9. Об утверждении порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 05.05.2008 № 240. URL: <https://rulings.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-05.05.2008-N-240/> (дата обращения: 02.04.2021).

10. Основы действий подразделений федеральной противопожарной службы по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс] : методические рекомендации по действиям подразделений федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ от 26.05.2010 № 43-2007-18 URL: <https://rulings.ru/acts/Methodicheskie-rekomendatsii-po-deystviyam-podrazdeleniy-federalnoy-protivopozharnoy-sluzhby-pri-tushenii/> (дата обращения: 02.04.2021).

11. Пожар -Взрыв-Безопасность. - Баратов А.Н. Горение- М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004 с. 188

12. Пожарная безопасность: учеб. пособие / С.И. Боровик – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 160 с.

13. Пожарная безопасность: учеб. пособие / В.В.Холщевников [и др.]. – - М.: Академия ГПС МЧС России, 2019 М.: Академия ГПС МЧС России, 2019

14. Пожарная безопасность резервуаров хранения нефти [Электронный ресурс] : 2020 - URL:

https://studbooks.net/1397634/bzhd/statistika_pozharov (дата обращения: 27.03.2021).

15. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Издание 2-е переработанное. Баратов А.Н., Иванов Е.Н. М.: Химия, 1979. - 73 с.

16. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. А.Н.Баратов, Е.Н.Иванов. Издание 2-е переработанное. М., Химия, 2012, с.262

17. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров [Электронный ресурс] : Рекомендации МЧС России от 27.08.2007 URL: <https://rulaws.ru/acts/Poryadok-primeneniya-penoobrazovateley-dlya-tusheniya-pozharov.-Rekomendatsii/> (дата обращения: 02.04.2021).

18. Проблемы эффективного тушения пожаров вертикальных стальных резервуаров в слой горючего [Электронный ресурс] : Корольченко В.В., Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Екатеринбург - 2006 URL: <https://www.himstalcon.ru/articles/problemyi-effektivnogo-tusheniya-pozharov-vertikalnyih-stalnyih-rezervuarov-v-sloy-goryuchego> (дата обращения: 02.04.2021).

19. Противопожарная защита резервуаров с нефтью и помещений насосных пеной различной кратности [Электронный ресурс] : Корольченко Д.А., Пожаровзрывобезопасность - 2006 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protivopozharnaya-zaschita-rezervuarov-s-neftyu-i-pomescheniy-nasosnyh-penoy-razlichnoy-kratnosti/viewer> (дата обращения: 02.04.2021).

20. Разработка способов пожаротушения резервуаров [Электронный ресурс] : Писаная Е.А., Студенческий научный форум - 2018 URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018003807/> (дата обращения: 02.04.2021).

21. Резервуары для приёма, хранения и отпуска нефтепродуктов/ Ю.Н. Безбородов, В.Г.Шрам, Е.Г. Кравцова. - Краснояр.: СФУ, 2015. - 110 с.

22. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках Введ. 2021–01–01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2001. – 27 с. [Электронный ресурс] : 2021 - URL <https://www.meganorm.ru/Data2/1/4294849/4294849448.htm> (дата обращения: 02.04.2021).

23. Склады нефти и нефтепродуктов требования пожарной безопасности. Требования пожарной безопасности : Свод правил СП 155.13130.2014–2013–12–26. –М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2014. – 27 с. [Электронный ресурс] : 2021 - URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/539> (дата обращения: 29.03.2021).

24. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности : Свод правил СП 8.13130.2020 Введ. 2020–03–30. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2020. – 27 с. [Электронный ресурс] : 2021 - URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/5035> (дата обращения: 29.03.2021).

25. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям : Свод правил СП 4.13130.2013 Введ. 2020–02–14. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2013. – 27 с. [Электронный ресурс] : 2021 - URL <https://beta.docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 29.03.2021).

26. Системы противопожарной защиты установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические нормы и правила проектирования Свод правил СП 5.13130.2009 Введ. 2011–06–01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2011. – 27 с. [Электронный ресурс] : 2021 - URL <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/676> (дата обращения: 29.03.2021).

27. Способ пенной атаки при тушении пожаров в резервуарном парке : пат. 2689450 Рос. Федерация : А62С 3/06 (2006.01) / Ревель-Муроз П.А. ; заявитель и патентообладатель ПАО "Транснефть", АО "Транснефть - Урал", ООО "НИИ Транснефть". – № 2018112289; заявл. 05.04.2018 ; опубл. 28.05.2019, Бюл. № 16. – 13 с. [Электронный ресурс] — URL: <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=be009fb6c0b1a9f6836dc46e22f8264a> (дата обращения: 02.04.2021).

28. Способ противопожарной защиты резервуаров для хранения жидких горючих веществ и система для его осуществления: пат. 2 616 848 С1 Рос. Федерация : МПК А62С3/06 / Копылов Н.П. ; заявитель и патентообладатель ПАО "Транснефть", АО "Транснефть - Урал", ООО "НИИ Транснефть". – № 2018112289; заявл. 08.09.2015 ; опубл. 18.04.2017, Бюл. № 16. – 13 с. [Электронный ресурс] — URL: <https://patenton.ru/patent/RU2616848C1> (дата обращения: 06.04.2021).

29. Статистика пожаров [Электронный ресурс] : 2020 - URL: https://vuzlit.ru/115716/statistika_pozharov (дата обращения: 27.03.2021).

30. Тактика тушения пожаров. Часть 2. Пожаротушение в ограждениях и на открытой местности: учебное пособие / В.В. Терехнев. - М.: КУРС, 2017. - 256 с. - Пожарная безопасность.

31. Тактические приемы аварийной разведки и спасения при тушении пожаров: учебно-методическое пособие/ А.Н. Денисов. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2020

32. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 29.07.2017). - URL: <http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N-123-FZ/> (дата обращения: 02.04.2021).

33. Тушение пламени полярных горючих жидкостей / В.П. Молчанов // Пожаровзрывоопасность. - 2012. - №6. - с. 69-73

34. Устройство для тушения пожаров на резервуарах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями: пат. 195368 Рос. Федерация : А62С 3/00 (2006.01) / Куприн Г.Н. ; заявитель и патентообладатель ООО НПО «Современные пожарные технологии». – № 2018112289; заявл. 09.11.2019 ; опубл. 23.01.2020, Бюл. № 16. – 13 с. [Электронный ресурс] — URL: <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=2bf49901503ec3ad3dcf02bf74fb2067> (дата обращения: 02.04.2021).

35. SFPE Handbook of fire protectin engineering. Third Edition, 2002. – 1604 p. ISBN – 087765-451-4. (Руководство SFPE по противопожарному проектированию. Третье издание, 2002. – 1604 с. ISBN – 087765-451-4).

36. ISO/TR 13387-1:1999(E). Fire safety engineering — Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives – 60 p. (ISO/TR 13387-1:1999(E). Пожарно-технический анализ — Часть 1: Применение функциональных концепций пожарной безопасности к целям проектирования – 60 стр.)

37. ISO/TR 13387-6:1999(E). Fire safety engineering — Part 6: Structural response and fire spread beyond the enclosure of origin – 22 p. (ISO/TR 13387-6:1999(E). Пожарно-технический анализ — Часть 6: Поведение конструкций и распространение пожара за пределы помещения, в котором произошло возгорание– 22 стр.)

38. Vytenis Babrauskas, Ph. D. Ignition Handbook. Principles and applications to fire safety engineering, fire investigation, risk managemant and forensic science, 2003. – 1116 p. ISBN – 0-9728111-3-3. (Витенис Бабраускас, кандидат экономических наук. Справочник по возгораниям. Принципы и применение в сфере пожарно-технического анализа, противопожарных исследований, управления рисками и судебных дел, 2003 год. – 1116 стр. ISBN – 0-9728111-3-3).