

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

Институт машиностроения

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Совершенствование тушения пожаров на объектах переработки и хранения нефти (на примере ОАО «Орскнефтеоргсинтез»)

Студент(ка)

Д.В. Соболев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

И.И. Рашоян

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультант

И.И. Рашоян

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., доцент М.И. Фесина

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н. Горина

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

РЕФЕРАТ

Отчет 94 с., 34 источника, 11 иллюстраций, 10 таблиц.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ГАРНИЗОН ПОЖАРОЙ ОХРАНЫ, ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЬ, ПЕННАЯ АТАКА, РЕЗЕРВУАР, ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ, АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ, ОБЪЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ.

Объект исследования: причины пожаров на предприятиях переработки и хранения нефти в резервуарных парках.

Цель работы – разработка системы и способов пенного тушения пожаров в резервуарах и внедрение современных пенообразователей.

Для выполнения указанной цели необходимо решить **комплекс следующих задач:**

- Изучить анализ произошедших пожаров на объектах переработки нефти, как в России так и зарубежом;
- Рассмотреть возможность внедрения новейших огнетушащих веществ (пенообразователя) на предприятии ОАО «Орскнефтеоргсинтез»;
- Произвести расчеты для экономического обоснования необходимости внедрения огнетушащих веществ (пенообразователя).

В процессе работы был проведен информационный обзор по проблеме анализа причин пожаров в резервуарных парках на предприятиях хранения и переработки нефти; анализ пожарной безопасности в резервуарном парке ОАО «Орскнефтеоргсинтез»; прогнозирование и оценка обстановки на пожаре в резервуаре РВС 10000 №390 с нефтью; порядок привлечения сил и средств для оперативно-тактических действий по обеспечению пожарной безопасности объекта; статистический анализ сведений о пожарах на данном и аналогичных объектах отрасли; разработка мер по обеспечению безопасных условий ведения действий по тушению пожара, рассмотрение вопросов охраны труда.

Степень внедрения – предлагается внедрение системы критериев анализа причин пожаров и способа тушения пожаров в резервуарных парках предприя-

тий по переработке и хранения нефтепродуктов на основе нормативных требований пожарной безопасности.

Эффективность данных мероприятий предполагает повышение уровня пожарной безопасности на объектах хранения и переработки нефти, снижение числа погибших и пострадавших на пожаре и уменьшение материального ущерба от пожаров.

Степень достоверности и апробация результатов достигается результатами внедрения системы критериев анализа причин пожаров на основе нормативных требований пожарной безопасности и апробации систем предупреждения и тушения пожаров на предприятиях.

СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. Статистический анализ сведений о пожарах на данном и аналогичных объектах отрасли.....	14
2. Прогнозирование, расчет и оценка обстановки на пожаре в резервуаре РВС 10000 № 390 с нефтью в резервуарном парке ОАО «Орскнефтеоргсинтез».....	23
3. Научные разработки и исследования огнетушащих веществ (пенообразователя) для эффективного тушения пожаров на объектах переработки и хранения нефтепродуктов и способов тушения пожаров.....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	88
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	91

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей работе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Пожарная безопасность - состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Пожар - неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Требования пожарной безопасности - специальные условия социального или технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом.

Пожарная безопасность объекта защиты - состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара;

Противопожарный разрыв (противопожарное расстояние) - нормированное расстояние между зданиями, сооружениями, устанавливаемое для предотвращения распространения пожара

Противопожарное водоснабжение - это совокупность мероприятий по обеспечению водой различных потребителей для тушения пожара.

Огнетушащие вещества - вещества, обладающие физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения;

Силы и средства пожарной охраны - личный состав гарнизона пожарной охраны, пожарная и спасательная техника, средства связи и управления, огнетушащие вещества и иные технические средства, находящиеся на вооружении гарнизона пожарной охраны;

Расписание выезда - установленный в соответствии с законодательством и уставом, порядок привлечения сил и средств гарнизона к тушению пожаров в городе или крупном населенном пункте;

Резервуар - емкостное сооружение для хранения жидкостей или газов. Распространены резервуары металлические, железобетонные и др. В зависимости от назначения и вида хранимого вещества резервуары подвергают тепло- и гидроизоляции, а их внутренние стенки облицовывают (например, кислотоупорными материалами)

Зона пожара - территория, на которой существует угроза причинения вреда жизни и здоровью граждан, имуществу физических и юридических лиц в результате воздействия опасных факторов пожара или осуществляются действия по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожара;

Гарнизон пожарной охраны - совокупность дислоцированных на определенной территории органов управления, подразделений пожарной охраны, пожарно-технических и научно-исследовательских учебных заведений и иных предназначенных для тушения пожаров противопожарных формирований независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности;

Стволы пожарные - устройство для формирования струи воды или пены и направления в зону горения;

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

МЧС - министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

ФПС – федеральная противопожарная служба.

ГПС - 600 – генератор пены средней кратности.

ФГБУ ВНИИПО МЧС России - федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России».

ППР – правила противопожарного режима.

СП – свод правил.

НПБ – нормы пожарной безопасности.

РТП – руководитель тушения пожара.

ПГ - пожарный гидрант.

РВС – резервуар вертикальный стальной.

ПО – пенообразователь.

ПЧ – пожарная часть.

АЦ – автоцистерна пожарная.

ЛС – лафетный ствол.

ВВЕДЕНИЕ

С пожарами как с реальной угрозой человечество столкнулось ещё на ранних этапах развития нашей цивилизации. Но, и в настоящее время они являются одной из самых основных опасностей, унося ежегодно десятки тысяч человек, оставляя миллионы людей без крова, причиняя миллиардные ущербы мировой экономике. В развитых странах ежегодные материальные потери от пожаров, по данным журнала «Международной Ассоциации Пожарно-спасательных служб» «СТИФ» затраты на борьбу с ними составляют не менее 1% валового национального продукта[23].

На данный момент нефтяная отрасль России представляет весомую роль в экономике нашей страны, составляя значительную часть в ВВП и заметную долю налоговых поступлений. Из этого следует что развитие и совершенствование данной отрасли крайне необходимо. В то же время основной задачей нефтяной отрасли является добыча, хранение и подготовка больших объёмов нефти, которые являются чрезвычайно пожароопасным веществом. Высокая пожарная опасность нефти обуславливает высокие вероятности возникновения пожаров при возникновении тех или иных чрезвычайных ситуаций, а также большой скорости развития пожара по территории нефтедобывающего предприятия. Нахождение на незначительной площади больших объёмов ЛВЖ и ГЖ подразумевает возможность возникновения крупных пожаров и взрывов с тяжёлыми последствиями, приводящими к большим экономическим потерям, экологическим катастрофам и, что наиболее важно, к многочисленным жертвам среди населения.

Очень высокая пожарная опасность предприятий по добыче нефти обуславливается в нашей стране 3 причинами. Во-первых, происходит быстрое применение современных, более продуктивных методов добычи, хранения и подготовки нефти. Во-вторых, добыча нефти организуется в северных регионах нашей страны и на континентальном шельфе в северных широтах, Эти два фактора требуют новейших и современных способов по обеспечению пожарной

безопасности на объектах нефтяной отрасли, Но ситуация усложняется присутствием третьего фактора – устаревшей нормативно-правовой базы по обеспечению пожарной безопасности на данных объектах отрасли, Огромное количество нормативных документов в этой области разработаны ещё в 70-х, 80-х годах 20-го столетия и не учитывают, как новейшие разработки, полученные в последние годы, так и способы современной добычи, хранения и подготовки нефти. На основании вышесказанного, проблема обеспечения пожарной безопасности объектов нефтяной промышленности представляется весьма острой и актуальной.

При формировании современной конструкции резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов можно выделить два фактора, имеющих существенное значение для обеспечения пожарной безопасности в отрасли: значительное увеличение объема емкостей отдельных резервуаров и переработка строения резервуаров, связанных с их геометрическими пропорциями.

Самый большой объем резервуаров, эксплуатируемых в нашей стране составляет сто тысяч метров кубических. В настоящее время рассматривается вопрос о строительстве резервуаров объёмом до ста двадцати тысяч метров кубических. Если диаметр резервуара объёмом пятьдесят тысяч метров кубических около шестидесяти метров, то резервуар объёмом в сто двадцать тысяч метров кубических имеет диаметр около девяносто метров, а площадь зеркала - 2800 и 6900 м², соответственно.

Анализ тушения реальных пожаров в резервуарах и резервуарных парках показывает, что все пожары были потушены с помощью передвижной пожарной техники. Как показывает практика, установки пожаротушения выводятся из строя в первые же моменты пожара или взрыва. Поэтому в первые 30 минут пожара тушение производится личным составом водяными стволами.

Но данный способ сопряжен с определенными трудностями, такими как воздействие интенсивного теплового излучения, на участников тушения пожара и пожарную технику, поэтому присутствует необходимость применения автолесниц и коленчатых подъемников на шасси большой грузоподъемности. Также

подразумевается необходимость для их установки специально оборудованной площадки, желательно с твердым покрытием, на территории предприятия в непосредственной близости от резервуаров. Большие размеры автоподъемников могут осложнять маневренность и не всегда доступно их развертывание в наиболее подходящих, с тактической точки зрения, местах подачи воздушно-механической пены в горящий резервуар, а также, что часто является ключевым фактором, влияющим на исход тушения, это время развертывания сил и средств.

Согласно статистики только в семи случаях из ста реальная продолжительность подготовки пенной атаки с применением пеноподъемников при тушении пожаров в резервуарах не выходило за 1 час (не менее 50 минут). В сорока трех процентах случаев подготовка пенной атаки занимала три часа и более. Среднее статистическое время подготовки пенной атаки при тушении нефтяных пожаров в резервуарах составляет более полу часа.

На данный момент пожарные всех стран при тушении пожаров в резервуарах широко применяют компактные, распыленные и расширенные струи пены низкой кратности, подаваемые в очаг пожара с помощью водопенных мониторов большого расхода, предназначенных для подачи воды или пены низкой кратности на большие расстояния. Современные мониторы позволяют подавать струи воды или пены низкой кратности на расстояния до шестидесяти метров и более, высота подъема струи достигает до двадцати двух метров более.

Большое расстояние подачи струй воды или пены низкой кратности, высокая мобильность, возможность установки вследствие малых габаритов в наиболее выгодных местах для подачи пены в очаг горения, позволяет использовать водопенные мониторы не только для тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках, но и на других объектах. Все это является основными преимуществами этого типа пожарного оборудования. Малые габариты водопенных мониторов дают возможность хранить их непосредственно на защищаемом объекте, так как для их хранения не требуется специально оборудованных помещений. Применение водопенных мониторов показало их существенные

преимущества по сравнению с другим оборудованием подачи пены низкой кратности в резервуары с помощью пожарных пеноподъемников, среди которых следует отметить снижение риска для ствольщиков так как монитор располагается за периметром обвалования. Реальность использования навесных компактных струй появилась после освоения производства специального типа пенообразователей, на фторированной основе, которые формируют пены, не смешивающиеся с углеводородами и образуют водные пленки, самопроизвольно растекающиеся по поверхности нефти и нефтепродуктов.

Из доклада Владимира Васильевича Теребнева, кандидата технических наук, доцента, профессора кафедры «Пожарной тактики и службы» Академии ГПС МЧС России на первой интернет-конференции по пожарной тактике (<http://fireconf.ru/проблемы-тушения-рвс/> 28.03.2014): «Американские пожарные для тушения РВС различной вместимости используют навесные струи на основе фторсодержащих пенообразователей и не охлаждают стенки резервуара. При этом огнетушащие вещества подают на заднюю стенку огромными расходами (более-350 литр. в сек.) постепенно продвигаясь к передней стенке».

На сегодняшний день существует множество примеров использования водопенных мониторов при тушении пожаров в резервуарах хранения ЛВЖ и ГЖ за рубежом. Среди них можно отметить:

- возгорание в резервуаре с высокооктановым бензином объемом 20000 м³ на нефтеперерабатывающем предприятии Теннеко (США);
- сложный пожар в резервуарах с бензином объёмом соответственно 6400, 16000, 10000 и 40000 м³, происшедший в штате Нью-Джерси;
- самый крупный пожар со времени окончания второй мировой войны на НПЗ «Амоко» в Милфорд-Хейвене (Великобритания) в резервуаре вместимостью 100000 м³, до половины заполненном нефтью.

Таким образом можно сформулировать цель работы, которая направлена на разработку огнетушащих веществ (пенообразователя) для тушения пожаров на предприятиях хранения и переработки нефти.

Теоретической и методологической базой исследования явились:

- фундаментальные, экономические, научно-технические аспекты пожарной безопасности, отраженные в работах отечественных исследователей: (Теребнев В.В., Лоран А.Г., Розенфельд Л.М., Петров И.И., Казаков М.В., Реутт В.Ч., Котов А.А., Кучера В.М., Кокорев Е.В., Шароварников А.Ф., Сотников Н.В., Сомов В.И.);

- законодательные, нормативные, правовые документы Российской Федерации в области тушения пожаров на предприятиях переработки и хранения нефти.

Научная новизна исследования заключается в разработке системы критериев анализа причин пожаров на предприятиях нефтепереработки с выявлением наиболее распространенных причин и разработок мероприятий по повышению эффективности тушения пожаров резервуарных парках. В процессе работы проведен анализ прогнозирования и оценки обстановки на пожаре в резервуаре РВС 10000 № 390 с нефтью в резервуарном парке ОАО «Орскнефтеоргсинтез», сделан обобщенный анализ возникновения и причин пожаров на предприятиях в России и зарубежом.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит из внедрения новых систем тушения пожаров на предприятиях хранения и переработки нефтепродуктов. Выводы и результаты исследования могут быть использованы на различных объектах в субъектах Российской Федерации.

Положения, выносимые на защиту:

1. Выводы по изучению и анализу нормативных требований по тушению пожаров в резервуарных парках.
2. Результаты обобщенного анализа возникновения причин пожаров на предприятиях хранения и переработки нефти и разработки системы анализа причин пожаров с определением основных критериев.
3. Результаты поиска и выбора новых методов и повышения эффективности тушения пожаров на предприятиях хранения и переработки нефти с помощью пенообразователя.

4. Результаты опытно-экспериментальной апробации выбранных методов повышения эффективности тушения пожаров в резервуарах.

1 Статистический анализ сведений о пожарах на объектах отрасли

1.1 Статистический анализ пожаров по отрасли

В тематическом обзоре «Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами» проанализированы пожары, произошедшие на территории нашей страны за 20-ти летний период[22].

Согласно статистических данных, за расчетный период зарегистрировано двести тридцать восемь пожаров на объектах добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов. Статистика утверждает, что в нефтяной отрасли произошло пожаров: на насосных нефтепроводах – десять процентов; на нефтепромыслах – четырнадцать процентов, на НПЗ – двадцать восемь процентов, а на распределительных нефтебазах зафиксирована наивысшая доля пожаров – сорок восемь процентов.

Диаграмма пожаров по виду объекта представлена на рисунке 1.

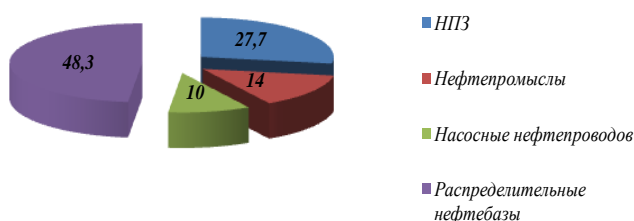


Рисунок 1 - Диаграмма пожаров по виду объекта.

На наземных резервуарах произошло девяносто четыре процента пожаров и аварий из общего их числа. По виду хранимых продуктов эти пожары распределились следующим образом: тридцать три процента - на резервуарах с сырой нефтью; пятьдесят четыре процента - на резервуарах с бензином; и четырнадцать процентов - на резервуарах с другими видами нефтепродуктов (мазут, ке-

росин, дизельное топливо, масло и др.). Пожары произошли, в основном (222 случая), на действующих резервуарах типа РВС, из них в 194 случаях (81,5%) пожар возникал в резервуарах с бензином и сырой нефтью.

Диаграмма пожаров по виду нефтепродукта представлена на рисунке 2.

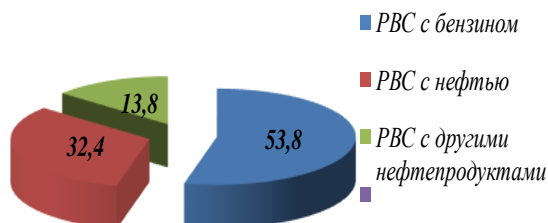


Рисунок 2 – Диаграмма пожаров по виду нефтепродукта.

Выявлено, что главными источниками зажигания, от которых возникали пожары, являются: огневые и ремонтные работы (23,5%), искры электроустановок (14,7%), проявления атмосферного электричества (9,2%), разряды статистического электричества (9,7%), большая часть всех пожаров на резервуарах (42,2%) произошла от самовозгорания пирофорных отложений, неосторожного обращения с огнем, поджогов и других источников зажигания. Доля пожаров от перечисленных источников зажигания, существенно различается по отраслям промышленности.

Диаграмма пожаров по источникам зажигания представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 - Диаграмма пожаров по источникам зажигания.

За исследуемый период средняя частота возникновения пожаров и загораний на предприятиях отрасли 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 12 пожаров в год.

Диаграмма пожаров на объектах хранения и переработки нефти по частоте представлена на рисунке 4.

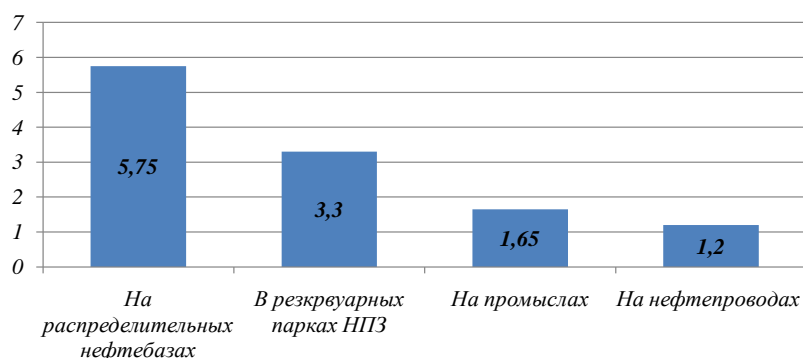


Рисунок 4 - Гистограмма распределения пожаров на объектах хранения и переработки нефти по частоте загорания.

Важную информацию для разработки мер пожарной безопасности дают сведения о непосредственном источнике зажигания взрывоопасной паровоздушной смеси. Но примерно для пяти пожаров из ста вероятный источник зажигания не установлен, но из этого количества причиной четырех пожаров из ста были повреждения или неисправности оборудования, нарушения технологического процесса (режима), большая загазованность территории резервуарного парка. В этих случаях, соответственно, источник зажигания является вторичным и второстепенным фактором, а защиту необходимо направить на поддержание исправности технологического оборудования и соответственное ведение технологического процесса.

Из непосредственных источников зажигания более вероятный и распространенный это - огневые работы – двадцать три процента (каждый третий пожар). Неосторожное обращение с огнем, допущенное при проведении ремонта резервуаров, электрические и механические искры или горячие выхлопы глушителя автомобиля при очистке РВС через нижний люк стали причиной двенадцати процентов пожаров.

В общем при очистке и ремонте РВС произошло 29 пожаров, что составляет тридцать восемь процентов от общего числа. Необходимо отметить, что 14 пожаров на резервуарах (это восемнадцать процентов) возникли от самопроизвольного возгорания пирофорных отложений, притом, что шестьдесят четыре процента пожаров, происшедших по этой причине, отмечено на объектах добычи нефти и тридцать шесть процентов - в резервуарных парках на предприятиях нефтепереработки. Из анализа видно, что шестьдесят пять процентов пожаров, происходит в весенне-летний сезон и основными источниками зажигания (помимо огневых и ремонтных работ) являются разряды атмосферного электричества (двадцать два процента), а также огневые технологические установки (шестнадцать процентов).

Необходимо отметить, что в первом случае (при разрядах атмосферного электричества) резервуары возгорались только на насосных станциях по перекачке нефтепродуктов, что говорит о ненадежности молниезащиты и необхо-

димости ее усовершенствования на объектах отрасли. Огневые технологические установки, становились источниками зажигания только на нефтепромысловых объектах отрасли.

В качестве примера, связанного с технологическим процессом хранения нефти и нефтепродуктов, может служить происхождение пожара, 22 августа 2009 года на резервуарном парке ЛПДС «Конда» Урайское УМН ОАО «Сиб-нефтепровод», которая находится на территории Кандинского района Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области.

Пожары, происходящие в резервуарах с ЛВЖ, как правило, начинаются с взрыва, что приводит к выводу из строя всех автоматических установок пожаротушения. В таких случаях, тушение пожара требует большого расхода воды для защиты горящего и рядом стоящих резервуаров, большого числа личного состава и специальной техники. Такие пожары считаются затяжными, приводят к огромным материальным ущербам, сопровождаются сильными тепловыми потоками и загрязнением воздуха, распространяющимися на большие расстояния, осложняют работу пожарных и являются причинами возникновения массовых пожаров в резервуарных парках.

Разбор статистических данных об авариях на объектах отрасли, позволяет отметить некоторые общие закономерности их возникновения и развития. Причины возникновения аварий условно можно объединить в три основные группы:

- Разрушение (разгерметизация) технологического оборудования и арматуры, и отказы систем противоаварийной защиты объекта.

- Ошибки, запаздывание, бездействие персонала в штатных и нештатных ситуациях, несанкционированные действия персонала.

- Внешние воздействия природного и техногенного характера. За период 2009-2016 г. аварий на резервуарах произошло на нефтеперерабатывающих производствах РФ произошло 45 аварий, погибло 53 человека, получили различной тяжести травмы 82 человека. Анализ основных причин аварий, проис-

шедших в резервуарных парках, позволил выделить следующие взаимосвязанные группы ЧС, вызванные:

- отказами (неполадками) оборудования (35%);
- ошибочными действиями персонала (51%);
- внешними воздействиями природного и техногенного характера (14%).

Масштабы последствий этих аварий носят самый разнообразный характер, и могут быть от локальных до катастрофических. Несмотря на успехи, достигнутые в современном резервуаростроении, РВС для нефти и нефтепродуктов были и есть одними из опасных объектов отрасли. Это связано с множеством причин, наиболее существенными из них являются:

- высокая пожаровзрывоопасность содержащихся в них продуктов;
- крупные габариты конструкций и связанная с этим протяженность сварных швов, которые трудно проконтролировать по всей длине;
- несовершенство геометрической формы, неравномерные просадки оснований;
- большие перемещения стенки, особенно в зонах геометрических искажений проектной формы;
- высокая скорость коррозии металла;
- малоцикловая усталость отдельных зон стенки конструкции;
- сложный характер загруженности конструкции в зоне упорного шва в сочетании с практическим отсутствием контроля сплошности этих сварных соединений. Ежегодно количество аварий на РВС увеличивается в связи с тем, что большой процент РВС уже выработал свой эксплуатационный ресурс. Износ эксплуатируемых (РВС) составляет около 80 %. Опасность возникновения ЧС расценивается тяжестью причиняемого ущерба, который непосредственно зависит от того, как проявляется авария: в виде взрывов и пожаров от разлившегося нефтепродукта либо в виде мелких разрушений или локальных отказов резервуаров. Как показывает практика, аварии на территориях резервуарных парков в большинстве случаев сопровождаются значительными потерями

нефтепродуктов, отравлением местности и гибелью людей. В экстремальных случаях по статистическим данным общий материальный ущерб превышает в 500 и более раз первичные затраты на сооружение резервуаров. Поэтому есть основания считать, что на сегодняшний день вопрос обеспечения надежности резервуарных конструкций остается нерешенным. Для разработки мероприятий, позволяющих предотвратить аварии, необходимо опираться на анализ произошедших аварий, который представляет собой практический интерес: изучения причин возникновения, последствий и разработки мероприятий по предотвращению ЧС в резервуарных парках.

1.2 Анализ пожарной безопасности в резервуарном парке ОАО «Орск-нефтеоргсинтез»

Сведения о пожароопасных свойствах представляются для всех имеющихся на производстве опасных веществах, материалах, смесях, полупродуктах и готовой продукции с учетом особенностей, и параметров технологического процесса (давления, температуры, состава окислительной среды и т. д.).

Оценку опасности возникновения пожара и путей его распространения проводят с помощью схем расположения опасного оборудования, построенных на основе планов производственных зданий, установок, этажерок и помещений.

На схемах и картах указывают:

- места возможного образования пожаровзрывоопасной горючей среды;
- участки возможных аварий и их причины;
- вероятные источники зажигания;
- пути распространения огня при пожаре;
- предусмотренные проектом меры защиты участков, узлов и аппаратов

от пожара.

Нефть и нефтепродукты относятся к горючим (сгораемым) веществам и способны возгораться от источника зажигания и продолжать самостоятельно гореть после удаления огня. Низкомолекулярные нефтепродукты относятся к легковоспламеняющимся веществам (ЛВЖ), т.е. продуктам с температурой

вспышки не превышающей 61 °С. Легковоспламеняющиеся жидкости делят на три разряда:

разряд - особо опасные ЛВЖ с температурой вспышки от -18 °С и ниже в закрытом тигле, или от -13 °С и ниже в открытом тигле;

разряд - постоянно опасные ЛВЖ с температурой вспышки от -18 °С до +23 °С в закрытом тигле или выше -13 °С до 27 °С в открытом тигле;

разряд - опасные при повышенной температуре воздуха ЛВЖ с температурой вспышки выше 23 °С до 61 °С в закрытом тигле или выше 27 °С до 66 °С в открытом тигле.

Характеристики нефти и нефтепродуктов, хранящиеся в резервуарном парке представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Пожароопасные свойства нефти и нефтепродуктов

Наименование помещения, оборудования	Горючее вещество	Краткая характеристика пожарной опасности	Группа горючести
РВС-10000 № 383-388; 395, 396 РВС-5000 № 457, 458, 459, 460	Дизельное топливо (ДЛ, ДЗ)	$T_{всп} = 59-65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_{смв} = 225-237 \text{ }^{\circ}\text{C}$	ЛВЖ
РВС-10000 № 389-394; 461, 462, 463, 464 РВС-5000 № 3, 4, 5, 6, 12, 13	Нефть (Туймазинская)	$T_{всп} = -21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_{смв} = 234 \text{ }^{\circ}\text{C}$	ЛВЖ
РВС-5000 № 399, 400.	Нефтеловушка	$T_{всп} < 61 \text{ }^{\circ}\text{C}$	ЛВЖ

1.3 Статистический анализ сведений о пожарах на ОАО «ОНОС»

За прошедшие 5 лет на ОАО НПЗ «ОНОС» произошел один пожар – 08.11.2013 года на установке ЭЛОУ АВТ-3 ОАО «ОНОС» находившейся на капитальном ремонте. В результате пожара огнем повреждена обшивка колонны на площади 10 м². Причиной пожара послужило разгерметизация оборудования

и попадание остатков нефтепродуктов на обшивку колонны. Пожар был ликвидирован в течении 24 минут силами Орского гарнизона пожарной охраны, с минимальным ущербом.

2 Прогнозирование, расчет и оценка обстановки на пожаре в резервуаре РВС 10000 № 390 с нефтью в резервуарном парке ОАО «Орскнефтеоргсинтез»

2.1 Описание объекта исследования

Резервуарный парк расположен в северо-западной части завода на площади 24,8 га (247625 м²) на более высокой отметке по сравнению с технологическими установками, производственными и вспомогательными цехами. Для предотвращения растекания продукта, на случай пожара и аварии вокруг парка сделано специальное обвалование. На территории участка имеется 42 РВС для хранения нефтепродукта. На резервуаре имеется дыхательный клапан, предохранительный клапан, огнепреградители. РВС-5000 № 6, 13, 268, 269, 271, 272, 273, 409; РВС-10000 № 393, 394, 461, 463 - с понтоном. В одном здании находятся операторная, керосиновая насосная, насосная пожаротушения; административно-бытовое здание; холодный склад металлов, узел управления, трансформаторная подстанция ТП-37. Все здания одноэтажные.

В целях предотвращения возникновения и ограничения масштабов пожара в резервуарном парке завода предусмотрены:

- кольцевой противопожарный водопровод речной воды диаметром 250-400 мм. и расходом $Q=200$ л/с., на котором установлено 77 ПГ (ПГ 301-377). Вся водопроводная сеть работает автономно от насосов – повысителей, расположенных в пожарной насосной. Насосы подают воду из двух пожарных водоемов объемом 2000 м³ каждый. При включении насосов – повысителей давление увеличивается до 9 атм. Для цели пожаротушения в резервуарном парке смонтированы трубопроводы колец орошения, запитанные от насосной станции и сухотрубы к подслоному и надслоному пожаротушению через стволы ГПС-2000. Предназначенный для этих целей пенообразователь объемом 16 м³ находится в насосной.

- на территории резервуарного парка имеется 8 пожарных водоемов: 4 шт. по 250 м³ – подземный ж/б; 1 шт. 600 м³ – подземный ж/б; 2 шт. по 2000 м³ –

подземный ж/б, для подачи воды в водопроводную сеть; 1 шт. 5000 м³ – РВС. К узлу управления задвижками подведен тупиковый водопровод диаметром 250 мм, подключенный от противопожарного водопровода речной воды резервуарного парка. На нем же установлено два пожарных гидранта (ПГ 374, 375);

- автоматические системы пенного тушения пожаров в резервуарах;
- на территории резервуарного парка имеются дороги с твердым асфальтовым покрытием, расстояние до пожарной части 1 км;
- на резервуарный парк завода разработаны планы тушения пожаров;
- в целях организации действий обслуживающего персонала завода в случае ликвидации пожаров, аварий и других чрезвычайных ситуаций, а также консультирования руководителя тушения пожара (РТП) по вопросам изменения технологического процесса, оценки работоспособности технологического оборудования и т.п.

2.2 Продукция ОАО «Орскнефтеоргсинтез»

Резервуарный парк предназначен для приема, хранения и отгрузки нефти полуфабрикатов для приготовления бензина, дизельного топлива, а также товарной продукции – специального топлива (керосина), дизельного топлива.

Предприятие ОАО НПЗ «ОНОС» - старейшее в нефтеперерабатывающей отрасли страны - сейчас одно из самых стабильно работающих и развивающихся в восточном Оренбуржье. Территориально расположено в Орском промышленном узле на Южном Урале, в Оренбургской области при слиянии рек Урал, Орь, Елшанка, Удалённость объекта от жилых домов и других объектов 1000 метров. Площадь объекта составляет 400 га, наибольшая рабочая смена 1200 человек.

ОАО НПЗ «ОНОС» - нефтеперерабатывающее предприятие установленной мощностью более 6 млн. тонн в год. Завод производит высококачественную, конкурентоспособную продукцию: бензин, дизельное топливо, авиационный керосин, битум, мазут.

В 2015 году Орский НПЗ переработал 5 млн. 938 тыс. тонн нефтяного сырья. За отчетный период было произведено 863,32 тыс. тонн бензинов. В том числе 56,34 тыс. тонн бензина марки «Премиум-95»; 599,77 тыс. тонн – «Регуляр-92»; 189,11 тыс. тонн Нормаль-80; 18,4 тыс. тонн бензина газового стабильного. Объем производства дизельного топлива по итогам 2015 года составил более 1 млн. 639 тыс. тонн, реактивного топлива – более 270 тыс. тонн, битума - почти 145 тыс. тонн, маловязкого судового топлива – 133,74 тыс. тонн.

Акционером ОАО «Орскнефтеоргсинтез» по поставке нефти и реализации нефтепродуктов является АО «ФортеИнвест». Компания реализует широкий спектр нефтепродуктов Орского НПЗ как на российском рынке, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

На предприятии в рамках Программы развития осуществляется реконструкция производства, внедряются прогрессивные технологии, выполняются инвестиционные проекты. Благодаря чему на заводе уже добились значительных успехов по увеличению выпуска высокооктановых марок автомобильного топлива, по выпуску дизельного топлива европейского качества, увеличению глубины переработки, снижению безвозвратных потерь.

Перспективы Орского НПЗ акционеры и руководство предприятия связывают с капитальными вложениями, направленными, в первую очередь, на строительство новых объектов, реконструкцию и техническое перевооружение производства. Все это позволит улучшить качество выпускаемой продукции в соответствии с требованиями Технического регламента, решить вопросы оперативности, промышленной и экологической безопасности.

В 2012 году на заводе началась реализация комплексной Программы развития, рассчитанная на 12 лет, предусматривает возведение новых комплексов, модернизация действующих установок. Модернизация направлена на улучшение качества моторного топлива и увеличение глубины переработки нефти.

Основные инвестиции направлены на возведение установки изомеризации легких углеводородов, что позволит наладить производство автомобильного топлива классов 4 и 5. Параллельно производится реконструкция установки

гидроочистки ЛЧ-24-2000 с целью обеспечить выработку гидроочищенного дизельного топлива (класс ЕВРО-4). Для обеспечения надежного электроснабжения на заводе ведется строительство центральной распределительной подстанции ЦРП-1А. Завершено строительство автоматической установки тактового налива светлых нефтепродуктов. Ее внедрение обеспечит повышение промышленной и экологической безопасности, более качественный контроль налива нефтепродуктов. Параллельно ведется разработка проектов и подготовка к возведению целого ряда важнейших для предприятия объектов: комплекса гидрокрекинга вакуумного дистиллята, установок висбрекинга, производства водорода, производства серы и др.

2.3 Расположение рассматриваемого оборудования

Все резервуары расположены по группам, имеющим обвалования. Резервуарный парк имеет вторичное обвалование (земляной вал) в сторону уклона. Все РВС оборудованы трубопроводами наполнения и расхода, диаметр 150-500 мм. Задвижки расположены на площадках управления перед группой резервуаров. При пожаре из всех резервуаров можно производить откачку и закачку нефтепродуктов. Для этой цели в трехстах метрах от резервуарного парка, с юго-западной стороны, расположено здание узла управления, Узел управления предназначен для распределения поступающей нефти по резервуарам и из резервуаров по установкам. Переключение коллекторов с резервуара на резервуар или на установку производится задвижками вручную. В этом же здании установлен коллектор дизельного топлива, предназначенный для распределения дизтоплива из 1-го и 2-го цехов в резервуары и из резервуаров на наливную эстакаду (диаметр трубопроводов – 400 мм). Все трубопроводы входят в здание с южной и восточной стороны. На случай аварии здание узла управления оборудовано дренажами, выведенными в приямок промканализации.

С восточной стороны, в 15 метрах от здания, на открытой площадке установлен насос, с группой задвижек предназначенный для откачки остатков

нефти из резервуаров и для прокачки нефтепроводов дизельным топливом.

Объемно-планировочные и конструктивные решения резервуара РВС - 10000 резервуарного парка ОАО НПЗ «ОНОС»

Для хранения сырья на НПЗ применяют емкостные стальные сварные резервуары. РВС (резервуар вертикальный стальной) №390 предназначен для хранения нефти (рисунок 5).

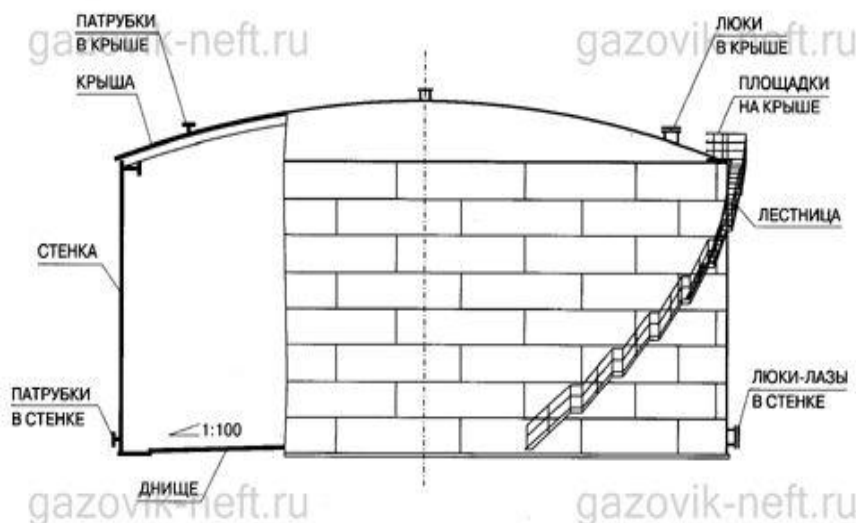


Рисунок 5 - Резервуар вертикальный стальной

Таблица 2 - Технические характеристики РВС-10000 м³

Наименование параметра	Величина параметра
Номинальный объем, м ³	10000
Внутренний диаметр стенки, мм	34200
Высота стенки, мм	12000
Плотность продукта, т/м ³	0,9
Расчетная высота налива, мм	11200

Все конструкции резервуара изготовлены на заводе. Стенки и днище резервуара изготовлены в виде полотнищ, которые были доставлены на ОАО НПЗ «ОНОС» к месту строительства, свернутыми в рулоны. Стенка состоит из 4-х полотнищ. При изготовлении допускаемые отклонения от проектных линейных размеров не должны превышать по ширине $\pm 0,5$ мм, по длине ± 2 мм.

Покрытие резервуара в виде ребристо-кольцевого купола собрано из укрупненных щитов. Между собой щиты соединяются путем сварки внахлест. Опорное кольцо, установленное на стенки резервуара, служит для восприятия распора купола и ветровой нагрузки со стенки резервуара, кольцо состоит из отдельных монтажных элементов. В соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации резервуаров» для обслуживания оборудования, расположенного на крыше, резервуар снабжен площадками с ограждением и наружной лестницей. По условиям технической эксплуатации марши лестницы имеют уклон 45°. Для защиты от коррозии наружная поверхность резервуара покрывается лакокрасочным покрытием, состоящим из 1-го слоя грунтовки и 2-х слоев лака ПФ-170.

В первом поясе резервуара имеются люки - лазы диаметром 500 мм, для обслуживания оборудования, на резервуаре имеются стационарные лестницы, площадки и проходы шириной 0,7м с ограждениями по всему периметру высотой 1м. На резервуарах смонтирована дыхательная арматура.

На резервуаре в верхнем поясе смонтировано кольцо орошения системы стенок охлаждения резервуара в случае пожара. Производительность системы орошения стенок резервуара составляет 0,80 л/с на метр длины стенки.

В верхнем поясе резервуара смонтированы пеносливные камеры без герметизирующей крышки с генераторами ГПС-2000.

2.4 Описание технологической схемы, технологического процесса

2.4.1 Данные об особенностях технологического процесса

Нефть на завод поступает по двум нефтепроводам: Казахнефть – Орск и Ишимбайнефть – Орск, а также в железнодорожных цистернах. Нефть через насосную поступает в узел учета нефти, оттуда перекачивается в резервуарный парк. В поступающей нефти содержится значительное количество воды, солей и механических примесей, которые отрицательно сказываются на дальнейшей переработке.

Хранение нефти и нефтепродукта осуществляется в 44 стальных вертикальных резервуарах.

Из резервуаров нефть поступает по трубопроводам на установки: ЭЛОУ (электрообессоливающая установка) - АВТ (атмосферно-вакуумная трубчатка), ЭЛОУ-АВТ-2, ЭЛОУ-АВТ-3, ЭЛОУ-АТ-5.

После переработки готовая продукция перекачивается по трубопроводам в резервуары: с установки Л-24-Т-6 (Установка Л-24-Т6 – установка гидроочистки керосиновых фракций, которая предназначена для производства топлива РТ из керосиновых фракций) реактивное топливо, с установки ЛЧ-24-2000 86 дизельное топливо, с установок первичной перегонки нефти прямогонный бензин с установок Л 35-11\300-1, ЛГ 35-11\300-95 и катализатор.

Принципиальная технологическая схема (Рисунок 6) производства продукции должна определять последовательность технологических операций по превращению сырья в готовую продукцию, параметры технологического режима, места ввода в процесс сырья и вспомогательных веществ, места получения полупродуктов и готовой продукции.

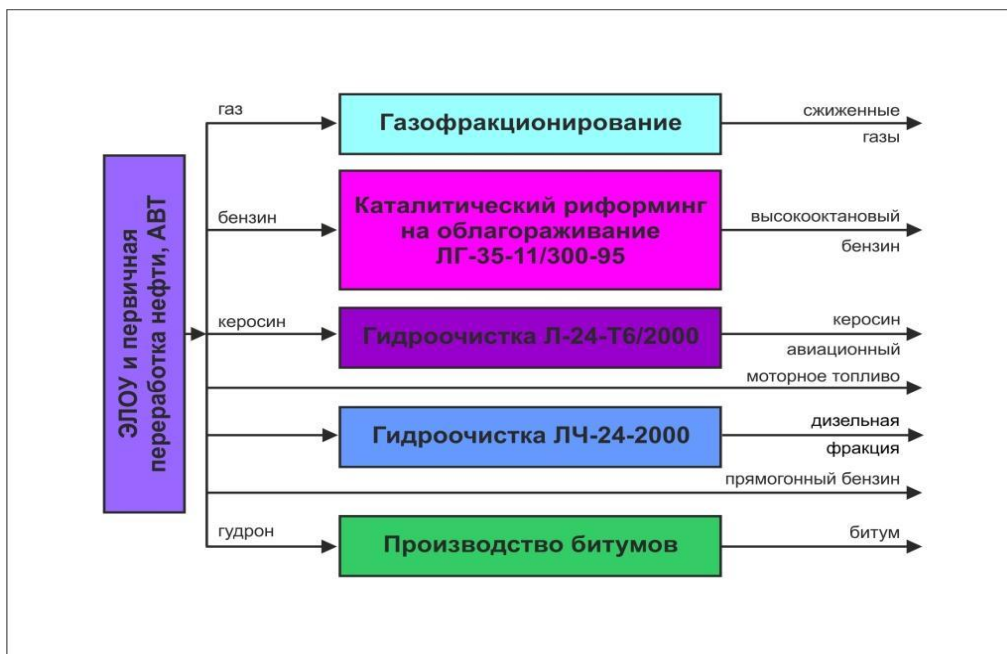


Рисунок 6 - Принципиальная технологическая схема производства продукции

Таблица 3 - Содержание ЛВЖ и ГЖ в резервуарах по номерам

РВС-5000 №266-273,409	Бензин (АИ-95)	Т _{всп} = - 36 °С Т _{смв} = 300-370 °С	ЛВЖ
РВС-5000 №7,9,10,401,402	Керосин	Т _{всп} < 61 °С Т _{смв} = 250 °С	ЛВЖ

2.5 Прогнозирование и оценка обстановки на пожаре в резервуаре РВС 10000 № 390 с нефтью

2.5.1 Места возможного возникновения пожара

Для разработки мероприятий по тушению пожара в резервуаре в данной работе выбран резервуар № 390 с нефтью. Резервуар расположен с южной стороны резервуарного парка. В одной группе с РВС №389,391,392 с хранением нефти. Размеры обвалования РВС № 390: 65 x 65 x 2,5 м. Хранимый продукт – нефть. Уровень розлива нефтепродукта 9 м.

Таблица 4 – Характеристика резервуара

№ п/п	Тип резервуара	Высота резервуара, м	Диаметр резервуара, м	Площадь зеркала горючего, м ²	Периметр резервуара, м
1	РВС-10000	12	34	918	107

Исходные данные по пожару:

- линейная скорость выгорания нефти 15 см/час;
- линейная скорость прогрева нефти 0,4 см/час;
- требуемая интенсивность подачи воды на охлаждение:
 - горящего резервуара 0,8 л/сек•м.;
 - соседних резервуаров 0,3 л/сек•м;
- нормативная интенсивность подачи пены средней кратности для тушения нефти в резервуаре (Т_{всп.} ниже = 28⁰С) при использовании раствора пенообразователя общего назначения составляет 0,08 л/сек•м²;
- нормативная интенсивность подачи пены низкой кратности для тушения

нефти в резервуаре ($T_{всп. \text{ ниже}} = 28^{\circ}\text{C}$) при использовании раствора фторпротеинового пенообразователя составляет $0,07 \text{ л/сек}\cdot\text{м}^2$;

- ориентировочное время наступления возможного выброса в резервуаре №390 с хранением нефти:

$$T = \frac{(H - h)}{(W + u + V)} = \frac{(9 - 0,5)}{(0,15 + 0,4 + 0)} = 15,4 \text{ часов} \quad (2.1)$$

где T - время от начала пожара до ожидаемого момента наступления выброса, ч;

H - начальная высота слоя горючей жидкости в резервуаре, м (9 м);

h - высота слоя донной (подтоварной) воды, м (0,5м);

W - линейная скорость прогрева горючей жидкости, $\text{м}\cdot\text{ч}^{-1}$ ($0,40 \text{ м}\cdot\text{ч}^{-1}$);

u - линейная скорость выгорания горючей жидкости, $\text{м}\cdot\text{ч}^{-1}$ ($0,15 \text{ м}\cdot\text{ч}^{-1}$);

V - линейная скорость понижения уровня вследствие откачки, $\text{м}\cdot\text{ч}^{-1}$ (если откачка не производится, то $V=0$).

На основании «Руководства по тушению нефти и нефтепродуктов резервуарах и резервуарных парках» и анализа потушенных пожаров в резервуарах с нефтепродуктами разработаны 2 варианта тушения пожара в резервуаре с нефтью и обваловании в резервуарном парке ОАО НПЗ «ОНОС».

Тактический замысел: при закачке нефти в РВС-10000 №390 из-за разряда статического электричества произошел взрыв паровоздушной смеси во внутреннем объеме резервуара с последующим горением. От взрыва паровоздушной смеси сорвало крышу резервуара и произошло нарушение его герметичности, в результате происходит растекание нефти в обвалование. Из-за высокой температуры и излучения пламени создалась угроза воспламенения паров горючих жидкостей, выходящих из дыхательной аппаратуры соседних резервуаров №№389,392.

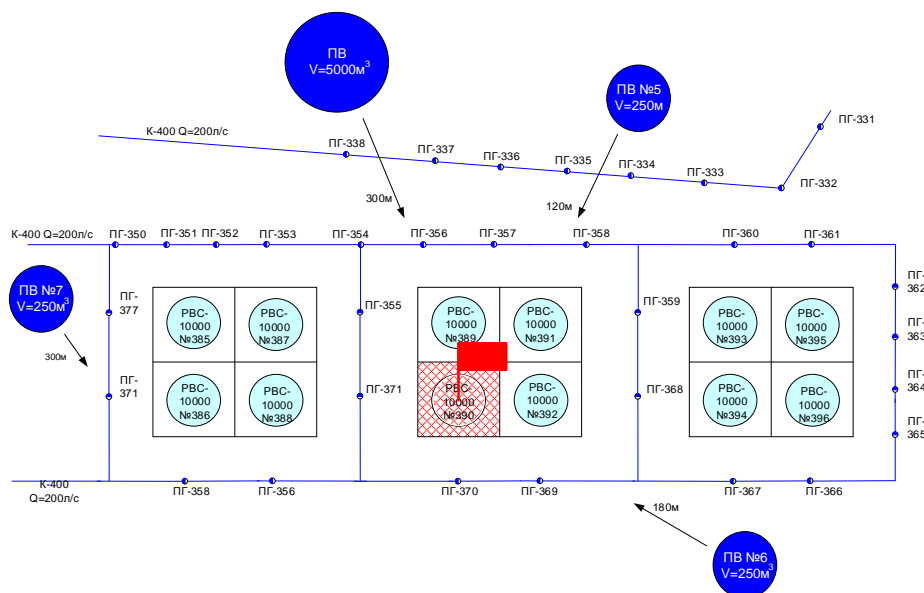


Рисунок 7 - Схема возможного загорания

2.5.2 Возможные пути распространения пожара

На основе анализа пожаров и аварий, происшедших как у нас в стране, так и за рубежом, а также материалов научных исследований пожары в резервуарных парках могут развиваться по следующим вариантам рис. 8



Рисунок 8 - Варианты развития пожаров

- первый (А) - возникновение и развитие пожара в пределах одного резервуара без влияния на смежные. Статистика показывает, что с таким сценарием было зарегистрировано около 78 % пожаров в резервуарных парках;

- второй (Б) - распространение пожара с одного резервуара на резервуарную группу (15 % от всего числа пожаров);

- третий (В) - развитие пожара с возможным разрушением смежных резервуаров, зданий и сооружений на территории предприятия и за его пределами, а также поражение опасными факторами пожара персонала предприятия и населения близлежащих районов. Такой вариант пожара наблюдался в 14 случаях (около 7%). Несмотря на то, что процент этих пожаров незначителен, для их тушения привлекалось большое количество сил и средств, а продолжительность тушения составляла сутки и более.

Сложная обстановка при пожарах в резервуарах возникает, когда происходит полное разрушение резервуара с нефтепродуктом или при взрыве паровоздушной смеси, когда в нем разрушаются сварные швы между стеной и его днищем. Это подтверждают пожары, происшедшие в резервуарном парке Каширской нефтебазы Московской области и на нефтеперекачивающей станции «Кременчуг».

Большую опасность при пожарах в резервуарах представляют вскипание и выбросы горящего нефтепродукта, а также перелив через свободный борт при погружении крыши во внутрь резервуара от высокой температуры, воздействующей на них. Вскипание происходит из-за наличия в нефти мелких фракций воды, которые испаряются при прогреве верхнего слоя жидкости и вспенивают нагретый слой темного нефтепродукта. Вскипать могут все нефтепродукты, но наиболее интенсивно вскипают темные нефтепродукты, так как из-за большей вязкости, капельки воды долгое время могут находиться в верхнем слое продукта. Вскипание сопровождается характерным шумом, увеличением высоты пламени в 2-4 раза, а температура пламени достигает 1500 °С. При горении жидкости на верхнем уровне или при деформации стенок возможен перелив вскипевшей массы через борт резервуара, это создает угрозу людям, увеличивает опасность деформации стенок и перехода огня на соседние резервуары. Это подтверждает пожар, происшедший в резервуарном парке линейно-производственной диспетчерской станции «Каркатеевы» в Тюменской области.

Сложная ситуация может создаваться при пожарах в резервуарах со стационарной крышей, которая при взрыве не сброшена с резервуара. При обрушении ее в резервуар, нефтепродукт вытекает из горящего резервуара в обвалование и создается явная угроза соседним резервуарам. Это можно подтвердить данными пожара, происшедшего в резервуарном парке линейно-производственной диспетчерской станции «Тюмень».

Очень сложная обстановка может возникать при пожарах в резервуарах, когда они разрушаются с гидродинамическим истечением нефтепродукта.

Первоочередной и важнейшей задачей, при тушении пожаров в резервуарах, является охлаждение горящих и рядом стоящих резервуаров. Это вызвано тем, что примерно через пять минут воздействие пламени на свободный борт резервуара он теряет свою несущую способность, то есть появляются визуальное деформации из-за прогрева конструкции. Если своевременно не охладить стенки горящего резервуара водой с требуемой интенсивностью, то примерно через двадцать пять минут от начала пожара стенка металлического резервуара выше уровня горячей жидкости деформируется (сворачивается) до такой степени, что получаются «карманы» и горящая ЛВЖ или ГЖ может перелиться в обвалование. Но как показывает практика тушения пожаров в резервуарах, на поведения стенок горящего резервуара оказывает не только количество воды на охлаждение, но и типы стволов, которые применяются для охлаждения. При тушении пожаров в резервуарах с темными нефтепродуктами или в обваловании, ствольщики, работающие со стволами, располагается за периметром обвалования и, следовательно, не обеспечивают требуемую интенсивность подачи воды на охлаждение горящего резервуара.

В настоящее время в качестве основного вещества тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах применяется воздушно-механическая пена средней кратности.

Полученные результаты показывают, что при тушении крупных пожаров с разливом горящего нефтепродукта и наличием труднодоступных мест в горящем резервуаре, неверно определяли требуемую интенсивность подачи пены

(таблица 5). При определении требуемого расхода пены на тушение пожара не учитывались, время свободного горения до начала пенной атаки и высота свободного борта резервуара. Это приводит к тому, что время тушения пожара во много раз превышает нормативное. В результате, на тушение пожара расходуется большое количество пенообразователя. Так, при тушении пожара в РВС-10000 с понтоном в Ленинградской области было израсходовано 900т пенообразователя, что значительно превышает нормативное значение.

С целью успешного тушения пожаров в резервуарах необходимо:

- создать запас воды для тушения наиболее сложного варианта развития пожара;
- создать запас пенообразователя с учетом времени свободного горения и высоты свободного борта резервуара;
- обеспечить нормативное охлаждение горящих резервуаров в течение 15-20 мин с момента возникновения горения;
- кольцо орошения резервуара разбить на секции с расходом по 25-30 л/с с выводом трубопроводов к ним за пределы обвалования для подачи воды от пожарных автомобилей;
- оборудовать обвалования дополнительными трубопроводами для отвода воды, которая была использована для охлаждения, за пределы обвалования горящего резервуара и при необходимости использовать ее для тушения затяжных пожаров;
- предусмотреть водопровод высокого давления с подводом трубопроводов в местах установки переносных лафетных стволов в обваловании каждого резервуара. Расстояние от позиции лафетных стволов должно позволять орошать кромку резервуара длиной 25-30 м;
- создать возможность быстрого сосредоточения необходимого количества сил и средств на пожар;
- отработать способы подачи пены для тушения пожаров в РВС-10000 со стационарной крышей.

Таблица 5 - Фактическая интенсивность подачи пены (по раствору) на тушение, время свободного горения, время пенной атаки и количества израсходованного пенообразователя при тушении крупных пожаров

Наименование объекта	Тип и кол-во стволов поданных на тушение		Фактическая интенсивность подачи пены на тушение, л/см ² (по раствору)	Время свободного горения, ч, мин	Время пенной атаки, ч, мин	Израсходовано пенообразователя, т	Результат
	ГПС-600	ГПС-2000					
Резервуарный парк НПЗ Ленинградской области	23	2	0,18	83	2ч 12 мин	900	потушен
Резервуарный парк НПЗ г. Комсомольск-на-Амуре	6	2	0,038	тушение розлитого продукта	-	212	выгорел полностью
Резервуарный парк нефтеперекачивающей станции «Кременчуг»	-	8	0,08	15 ч 27 мин	2ч 46 мин	127	выгорел полностью
Резервуарный парк линейно-производственной станции «Каратеевы»	8	2	тушение розлитой нефти	-	-	37	выгорел полностью
Резервуарный парк линейно-производственной диспетчерской станции «Тюмень»	6	4	0,06	11 ч 35 мин	65 мин	30	потушен
ЛПДС «Конда» филиала «Урайское УМН» ОАО «Сибнефтепровод»	-	-	-	19 часов	-	-	выгорел полностью

2.5.3 Временные характеристики развития и тушения пожаров в резервуарах

Пожары в РВС в основном начинаются со взрыва паровоздушной смеси в газовом пространстве резервуара и срыва крыши или вспышки "богатой" смеси без срыва крыши, но с нарушением целостности ее отдельных мест.

Сила взрыва, как правило, большая у тех РВС, где есть большое газовое пространство, заполненное смесью паров нефтепродукта с воздухом (при условии низкого уровня жидкости).

В зависимости от силы взрыва в вертикальном металлическом резервуаре может наблюдаться следующее:

- крыша срывается полностью, ее отбрасывает в сторону на расстояние около тридцати метров, нефтепродукт воспламеняется по всей площади резервуара;

- крыша незначительно приподнимается, отрывается полностью или частично, затем задерживается в полупогруженном состоянии в горячей жидкости;

- крыша деформируется и образуются небольшие отверстия в точках крепления к стенке резервуара, а также в сварных швах самой крыши. В этом случае воспламеняются пары ЛВЖ над образованными отверстиями.

Основными параметрами пожаров в резервуарных парках являются: площадь пожара, высота факела пламени, плотность теплового потока, скорость выгорания, скорость прогрева жидкости.

Горение нефтепродуктов со свободной поверхности происходит сравнительно спокойно при высоте светящейся части пламени, равной 1,5 диаметра резервуара.

При наличии ветра горение значительно увеличивается, масса дыма и пламени отклоняется в сторону, тем самым усложняется обстановка на пожаре за счет увеличения вероятности распространения пожара на рядом стоящие резервуары и сооружения, ведет к потере ориентации, и сводит на нет боевые действия подразделений по тушению.

Изменяется тепловой режим пожара за счет увеличения теплоотдачи с поверхности жидкости, стенки резервуара, контактируя с пламенем, нагреваются до предельно высокой температуры.

За счет теплового излучения факела пламени, а также конвективного переноса тепла раскаленными газами часто происходит воспламенение паров

нефтепродуктов в рядом стоящих резервуарах, выходящих через дыхательную арматуру, замерные устройства и т.д.

Температура пламени зависит от вида нефтепродукта и практически не зависит от размеров факела и колеблется от тысячи до тысячи трехсот градусов Цельсия.

Линейная скорость выгорания различных нефтепродуктов в зависимости от их физико-химических свойств находится в пределах от 6 до 30 см/ч она практически не зависит от размеров резервуара или от площади горения, если эта площадь превышает пяти квадратных метров.

Процесс горения нефтепродуктов в резервуарах металлических наземных и железобетонных подземных при полностью разрушенной крыше практически не отличается. Например, линейная скорость выгорания для нефти составляет 15 см/ч для обоих видов резервуаров, а скорость прогрева в металлических резервуарах для нефти составляет 24-36 см/ч и в железобетонных 24-30 см/ч. Накопление тепла в поверхностном слое нефтепродукта в значительной степени влияет на процесс тушения. Высокая температура разрушает пену, увеличивает расход огнетушащих веществ и время тушения.

На поверхности жидкости температура близка к температуре кипения, но у нефти температура поверхности медленно возрастает по мере выгорания легких фракций. Для большинства нефтепродуктов температура поверхности жидкости составляет более 100°C. Наличие прогретого слоя наблюдается при длительном горении сырой нефти и мазутов.

Основными и опасными явлениями, сопровождающими пожар в резервуарных парках, являются вскипание и выброс. По характеру прогрева у поверхности все нефтепродукты можно разделить на две группы. Первая группа, у которой температура в слое почти не меняется (спирты, ацетон, бензол, керосин, дизельное топливо и др.), а на поверхности горения устанавливается температура, близкая к температуре кипения. Вторая группа (сырая нефть, бензин, мазуты и др.) при длительном горении у поверхности образуется кипящий слой. Бывают случаи, когда нет слоя воды, но она имеется в виде эмульсии в самой

горючей жидкости. При уменьшении вязкости верхнего слоя нефти капли воды опускаются вглубь и накапливаются там, где вязкость нефти еще велика. Одновременно капли воды нагреваются и закипая пары воды вспенивают нефть, которая переливается через борт и происходит вскипание нефтепродукта (т.е. вскипание воды, содержащейся в нефти). Вскипание возникает раньше, чем выброс. Сейчас нет точных сведений, позволяющих РТП определить время, по истечении которого произойдет вскипание.

Опытным путем установлено, что, если высота свободного борта превышает толщину прогретого слоя больше чем вдвое, жидкость не переливается через борт при условии содержания воды в нефти до 1%, тогда вскипание происходит примерно через час. Вскипание увеличивает температуру пламени до 1500°С, высота пламени увеличивается в 2-3 раза, тепловой поток возрастает в несколько раз, за счет полного сгорания. Согласно статистической информации пожары в РВС более чем в шестидесяти процентах всех случаев сопровождались образованием «карманов», что затрудняло тушение пламени подачей пены в резервуар сверху. Тепло и массообмен при горении жидкостей в резервуарах тесно связаны между собой, поскольку интенсивность тепловыделения при горении однозначно связана со скоростью подачи пара горючего в зону реакции. То есть с испарением горючего, а величина этой скорости зависит от количества тепла, поступившего к жидкости от факела пламени.

2.6 Порядок привлечения сил и средств для оперативно-тактических действий по обеспечению пожарной безопасности объекта

2.6.1 Оценка возможностей гарнизона по сосредоточению сил и средств согласно расписанию выездов

В соответствии с расписанием выездов Орского гарнизона пожарной охраны, в случае пожара в резервуарном парке ОАО НПЗ «ОНОС» пожару присваивается номер (ранг пожара) - «Пожар №3» автоматически, к месту пожара направляются силы и средства в следующем составе: 14 АЦ - с насосами производительностью 40 л/с, 2 АПГ - с насосами производительностью 40 л/с, 2

АР-2, 2 ПНС-110, 1 АТС-59, 1 АЛ-30, 1 АКП-30. При подтверждении повышенного номера «Пожар №3» по распоряжению руководителя тушения пожара личный состав Орского гарнизона пожарной охраны свободный от несения службы привлекается к тушению пожара. При этом в резерве, в распоряжении начальника гарнизона будут находиться 12 единиц пожарной основной техники (8АЦ, 1 ПНС, 3 АА), 4 единицы специальной пожарной техники (1 АР-2, 2 АЛ-30, 1 АСО) и 1 пожарный поезд 1-й категории.

В случае тушения развывшегося и длительного пожара, а также в случае практической надобности под руководством ФГКУ «5 ОФПС по Оренбургской области» к месту пожара могут быть направлены дополнительно требуемое количество сил и средств гарнизонов г.Орска и других гарнизонов области в соответствии с планом привлечения сил и средств. К месту пожара выезжает руководство Главного управления МЧС России по Оренбургской области.

2.6.2 Рассмотрение временных параметров сосредоточения и введения сил и средств, которые могут быть привлечены к ликвидации пожара (аварии) на объекте

На страже ОАО НПЗ «ОНОС» стоит подразделение частной пожарной охраны ООО «Защита», оснащенное современным пожарно-техническим вооружением и подготовленным личным составом, способное ликвидировать сложные пожары (лицензия от 01.09.2013. срок действия 5 лет.).

Штатная численность составляет 185 человек из которых:

штатная численность ПЧ ООО «Защита» - 145 человек (численность одного дежурного караула составляет от 32 до 37 человек);

штатная численность ГСО - 40 человека (численность одной дежурной смены газоспасательного отряда от 8 человек).

По первому сообщению, о пожаре в резервуарном парке НПЗ «ОНОС» к месту вызова направляется:

- дежурный караул ПЧ ООО «Защита» в составе: 2 отделений на АЦ-7-40, 1 отделение на АЦ-4-40(433112), 1 отделение на АЦ-40(130)63Б; на 2 отделений

на АПТ-40(53215) и АПТ-40(5557); автомобили АР-2 и ПНС-110 (время следования - 2 мин);

- дежурный караул 9 ПСЧ ФПС ФГКУ «5 ОФПС по Оренбургской области» в составе: 2 отделений на АЦ-40 и 1 отделение на АЛ-30 (время следования - 3 мин);

- дежурный караул 16 ПСЧ ФПС ФГКУ «ОФПС по Оренбургской области» в составе: 2 отделений на АЦ-40, (время следования - 11 мин);

- дежурный караул 10 ПСЧ ФПС ФГКУ «5 ОФПС по Оренбургской области» в составе: 1 отделение на АЦ-40, (время следования - 17 мин);

- дежурный караул 24 ПСЧ ФПС ФГКУ «5 отряд ФПС по Оренбургской области» в составе: 1 отделение на АЦ-40, (время сосредоточения - 30 мин).

Объявляется сбор работников ПЧ ООО «Защита» и личного состава Орского гарнизона пожарной охраны свободного от несения службы вводится в боевой расчет резервная пожарная техника и направляется на пожар по мере комплектования отделений (максимальное время сосредоточения – 71 мин).

Таблица 6 - Расписание выезда гарнизона пожарной охраны

Ранг пожара	Подразделение, место дислокации	Количество и тип пожарных автомобилей, шп.	Численность боевого расчёта, чел.	Время следования мин
1	ООО "Защита"	АЦ-7-40(53215)	4	2
		АЦ-4-40(433112)	4	2
		АЦ-40(130)63Б	4	2
2	ООО "Защита"	АЦ-7-40(53215)	4	2
		АПТ-40(5557)	4	2
		АПТ-40(53215)	4	2
		ПНС-110	3	2
		АР-2	2	2
	9 ПСЧ ФПС	АЦ-40	4	3
		АЦ-40	4	3
		АЛ-30	2	3
3	ООО "Защита"	АТС-59	1	2
	16 ПСЧ ФПС	АЦ-40	4	11
	16 ПСЧ ФПС	АЦ-40	4	11
	16 ПСЧ ФПС	АКП-30	2	11
	16 ПСЧ ФПС	АР	2	11

Продолжение таблицы 6 - Расписание выезда гарнизона пожарной охраны

Ранг пожара	Подразделение, место дислокации	Количество и тип пожарных автомобилей, шт.	Численность боевого расчёта, чел.	Время следования, мин
3	16 ПСЧ	ПНС	3	11
	СПГ ФГКУ «5 ОФПС»	АШ	2	11
	10 ПСЧ ФПС	АЦ-40	4	17
	10 ПСЧ ФПС	АЦ-40	4	17
	ОП 16 ПСЧ ФПС	АЦ-40	4	20
	ПЧ г. Новотр-ка ООО Промгаз-сервис	АЦ-40	4	25
	24 ПСЧ ФПС	АЦ-40	4	30
		14 АЦ, 2 АВ, 2 АР, 2 ПНС, 1 АТС, 1АЛ, 1 АКП, АШ.	77	
Резерв гарнизона находящийся на местах постоянной дислокации (может быть направлен на пожар по распоряжению начальника гарнизона)				
	ПЧ ИК-5	2 АЦ	8	20
	ПЧ ИК-3	2 АЦ	8	30
	ПЧ г. Новотр-ка ООО Промгаз-сервис	2 АЦ	8	25
	24 ПСЧ ФПС,	АЛ	2	30
	24 ПСЧ ФПС	АЦ	4	30
	ПЧ-Аэропорт	3 АА	12	35
	ПЧ-ХПП	АЦ	4	45
	ПЧ-23 РЖД ст. Орск	Пожарный поезд 1-й категории	6	20
		8 АЦ, 1 АЛ, 3АА,1 АР, Пожарный поезд	56	

Силы и средства, направляемые под руководством ФГКУ «ЦУКС по Оренбургской области» Главного управления МЧС России по Оренбургской области, из гарнизонов г. Орск и других гарнизонов, в соответствии с планом привлечения сил и средств.

Анализ пожаров, происшедших на предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности показывает, что все они имеют су-

ществленную особенность: причина этих пожаров, как правило, целая совокупность обстоятельств, каждое из которых само по себе не способно инициировать крупный пожар, и только их сочетание приводит к серьезным последствиям. Анализ тушения пожаров показал следующее. Строящиеся в настоящее время резервуарные парки и резервуары большой емкости (100 тыс. м³) должны быть оснащены:

- пожарной частью с профилактическими работниками и дежурным караулом на основных и специальных автомобилях;

- на территории нефтебазы (хранилища) должен находиться необходимый запас рукавов, лафетных и пенных стволов;

- вблизи резервуарного парка должен быть трехкратный запас пенообразователя, рассчитанный для тушения резервуара с наибольшей емкостью и горения разлива жидкости в обваловании вокруг него;

- вышками, высотой 10-12 м, оборудованных лафетными стволами с подводом к ним воды и раствора пенообразователя, а также с дистанционным автоматическим управлением ими;

- наиболее эффективными способами тушения внутри резервуаров являются: подача пены через установленные на них стационарные пенные камеры с отражателем на стенке; введение пены под слой горючего у основания резервуара через стационарные сухотрубы (пенопроводы) или существующие продуктовые линии;

- целесообразно на тушение подавать пену низкой кратности (5-10) с концентрацией раствора 3-6 %;

- время аварийной откачки нефтепродукта из горящего резервуара должно быть меньше времени израсходования запаса воды, хранящегося в резервуарном парке для выполнения всех видов работ по тушению, охлаждению, защите и обеспечению последующей безопасности при проведении ремонтных работ;

- целесообразно одновременно с тушением в резервуаре проводить откачку из него горящего нефтепродукта.

Возможности гарнизона по сосредоточению на месте пожара и возможности подачи огнетушащих веществ (пенообразователь и приборы подачи пены).

На вооружении пожарной части ООО «Защита» имеется водопенные стволы ЛС-П20У (10 шт.), ЛС-П30У (10 шт), ЛС-П40У (10шт.), а так же водопенные мониторы зарубежного производства «ANTENOR 1500P» (3 шт.) и «ANTENOR 2700 P» (7 шт.). Для подвоза дополнительного пожарнотехнического вооружения на место пожара используется как вспомогательная техника ПЧ ООО «Защита», так и техника предприятия.

Проведем сравнение тактико-технических характеристик стволов (мониторов) с ручным приводом для подачи воды и пены низкой кратности зарубежного и российского производства.

Таблица 7 - Тактико-технические характеристики водопенных стволов (мониторов) находящиеся на вооружении гарнизона пожарной охраны

Наименование параметра	Значения параметров				
	ЛС-П20У	ЛС-П30У	ЛС-П40У	ANTENOR 1500P	ANTENOR 2700 P
Рабочее давление, кгс/см ²	6,0 ... 8,0			6,0 ... 8,0	
Расход воды/водного раствора ПО, л/с	20	30/25	40/30	28,3	51,6
Кратность пены	7			6	
Дальность струи (по крайним каплям), не менее:				45	50
- водяной сплошной, м	50	55	60		
- водяной распыленной (при угле факела 300), м	30	33	35		
- пенной сплошной, м	35	37	40		
Перемещение ствола, не менее:					
- в вертикальной плоскости, град.	от - 15° до +90°			от 0 до +90°	
- в горизонтальной плоскости, град.	360°			от - 90° до +90°	
Показатели транспортабельности (Д / Ш / В), мм	540 / 387 / 425			635/625/390	
Масса, кг,	не более 17			17	18
Цена (руб)	37000 - 42400			325000	

Итак, мы видим, что стволы пожарные лафетные водопенные универсальные переносные, с ручным управлением, ЛС-П20У, ЛС-П30У, ЛС-П40У Российского производства по тактико–техническим показателям не уступают, а по некоторым параметрам и превосходят представленные зарубежные аналоги. Но ключевым фактором выбора является цена, стоимость лафетного пожарного ствола ANTENOR производства Франции, различных модификаций более чем в 8 раз превышает стоимость отечественного ЛС-ПУ.

Стволы пожарные лафетные переносные универсальные комбинированные с регулируемым насадком ЛС-ПУ предназначены для формирования потока распыленной струи огнетушащего вещества с изменяемым углом распыления от прямой компактной струи до защитного экрана (100 град). Применяются для защиты пожароопасных объектов, тушения пожаров, охлаждения строительных и технологических конструкций, облаков ядовитых и радиоактивных газов, паров и пылей. Входят в состав ПТВ пожарных автомобилей. Лафетные стволы выпускаются в соответствии с требованиями Технического регламента о требованиях пожарной безопасности (Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ), ГОСТ Р 51115-97 и ТУ 4854-005-72073424-2011.



Рисунок 9 - Ствол ЛС-ПУ

Согласно расписания выезда подразделений Орского гарнизона пожарной охраны в случае пожара в резервуарном парке на ОАО НПЗ «ОНОС» на месте пожара может быть сосредоточено:

- 8100 л пенообразователя ПО-6-НП на пожарных автомобилях;
- 8000 л фторпротеинового пленкообразующего пенообразователя 94 м³ «PETROFILM» на пожарных автомобилях;

А также методом подвоза вспомогательной техникой как ПЧ «Защита», так и специальной техникой завода в короткие сроки на место пожара могут быть доставлены 120 м³ пенообразователя ПО-6-НП из резерва ОАО НПЗ «ОНОС» и фторпротеинового пленкообразующего 86 м³ «PETROFILM».

Таблица 8 - Технические характеристики пенообразователей

Показатели	Пенообразователи общего назначения	Фторированные пенообразователи
	ПО-6НП	"Петрофилм" (FFFP)
Плотность при 20 °С, кг·м-3, не менее	1,01·103	1,13·103
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм2·с-1, не более	100	52,1
Температура застывания, °С. не ниже	-8	-40
Температура хранения °С	+5...+40	-40...+50
Водородный показатель, рН	7,0-10,0	7,2
Концентрация рабочего раствора, % (об.)	6	3 или 6
Гарантийный срок хранения, лет, не менее	1,5	16
Биоразлагаемость	Б/м	Б/м

2.7 Организация тушения пожара подразделениями пожарной охраны.

2.7.1 Расчет сил и средств при варианте тушения пожара № 1

Тушение пожара в резервуаре и в обваловании при помощи ГПС-2000 с применением пенообразователя ПО-6-НП (наиболее распространенный способ);

- Определяем необходимое количество лафетных стволов ПЛС-20 d_H -32 мм на охлаждение горящего резервуара в горящем обваловании:

$$N_{\text{охл}}^{\Gamma} = \frac{P_{\Gamma} \cdot I_{\text{тр}}^{\Gamma}}{Q_{\text{ств}}}, \quad (2.2)$$

$$N_{\text{охл}}^{\Gamma} = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 1,2}{28} = 4,57 \text{ принимаем } 5 \text{ ПЛС} - 20$$

где P_{Γ} - периметр горящего резервуара, (м);

$I_{\text{тр}}^{\Gamma}$ - требуемая интенсивность подачи воды для охлаждения горящего резервуара, л/(с·м);

$Q_{\text{ств}}$ - расход воды из одного пожарного ствола, (л/с).

- Определяем необходимое количество ручных стволов РС-70 с диаметром насадка d_H -25мм предназначенных для охлаждения соседних резервуаров, геометрические размеры резервуаров одинаковы:

$$N_{\text{охл}}^{\text{с}} = \frac{P_{\text{с}} \cdot I_{\text{тр}}^{\text{с}}}{2 \cdot Q_{\text{ств}}}, \quad (2.3)$$

$$N_{\text{охл}}^{\text{с}} = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 0,3}{2 \cdot 10} = 1,6 \text{ принимаем } 2 \text{ ствола РС} - 70, d_H - 25 \text{ мм}$$

где P_{Γ} - периметр горящего резервуара, м;

$I_{\text{тр}}^{\text{с}}$ - требуемая интенсивность подачи воды для охлаждения соседнего резервуара, л/(с·м);

$Q_{\text{ств}}$ - расход воды из одного пожарного ствола, л/с.

Получаем, что на охлаждение соседних резервуаров РВС №389, РВС №392 принимаем по 2 ствола РС-70, d_H – 25 мм на каждый. Также для защиты дыхательного клапана соседнего резервуара №392 подать лафетный ствол ПЛС-20, d_H – 25 мм

- Определим фактический расход воды для охлаждения горящего резервуара:

$$Q_{\Phi}^r = N_{\text{ств}} \cdot q_{\text{ств}}, \quad (2.4)$$

$$Q_{\Phi}^r = 5 \cdot 28 = 140 \text{ л/с}$$

- Определим фактический расход воды для охлаждения соседних резервуаров:

$$Q_{\Phi}^c = N_{\text{РВС}}^c \cdot N_{\text{ств}} \cdot q_{\text{ств}} + N_{\text{дых.ап.}}^c \cdot N_{\text{ств}} \cdot q_{\text{ств}}, \quad (2.5)$$

$$Q_{\Phi}^c = 2 \cdot 2 \cdot 10 + 1 \cdot 1 \cdot 16,7 = 56,7 \text{ л/с}$$

где $N_{\text{РВС}}^c$ - количество соседних резервуаров;

$N_{\text{ств}}$ - количество подаваемых приборов тушения;

$N_{\text{дых.ап.}}^c$ - количество дыхательных клапанов соседних резервуаров, которые необходимо охладить.

- Учитывая необходимость защиты приборов подачи пены и подъемных механизмов принимаем по 1 РСК-50 на каждый подъемник:

$$Q_{\Phi}^r = N_{\text{ств}} \cdot q_{\text{ств}}, \quad (2.6)$$

$$Q_{\Phi}^r = 2 \cdot 3,7 = 7,4 \text{ л/с}$$

- Определим общий расход на охлаждение:

$$Q_{\Phi}^{\text{охл}} = Q_{\Phi}^c + Q_{\Phi}^r, \quad (2.7)$$

$$Q_{\Phi}^{\text{охл}} = 140 + 73,4 + 7 = 220,8 \text{ л/с}$$

- Определим требуемое количество отделений для охлаждения резервуаров:

$$N_{\text{охл}}^{\text{отд}} = \frac{N_{\text{охл}}^r}{n_{\text{ПЛС-20}}} + \frac{N_{\text{охл}}^c}{n_{\text{РС-70}}} + \frac{N_{\text{дых.ап.}}^c}{n_{\text{ПЛС-20}}}, \quad (2.8)$$

$$N_{\text{охл}}^{\text{отд}} = \frac{5}{1} + \frac{4}{2} + \frac{1}{1} = 8 \text{ отд}$$

- Определим площадь пожара (тушение будем производить поэтапно, сначала в обваловании, потом по в зеркало резервуара путем подачи пены средней кратности с использованием ГПС-2000):

$$S_{\text{п}}^{\text{обв}} = S_{\text{обв}} - S_{\text{рез}}, \quad (2.9)$$

$$S_{\text{п}}^{\text{рез}} = 918 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{п}}^{\text{обв}} = (65 \cdot 65) - 918 = 3307 \text{ м}^2$$

- Определим требуемое количество пенных стволов на тушение пожара:

$$N_{\text{ГПС-2000}}^{\text{т}} = \frac{S_{\text{п}} \cdot I_{\text{тп}}^{\text{т}}}{Q_{\text{р-р}}}, \quad (2.10)$$

Тушение пожара в обваловании стволами ГПС-600:

$$N_{\text{ГПС-2000}}^{\text{т}} = \frac{3307 \cdot 0,08}{20} = 13,22 \text{ принимаем } 14 \text{ ГПС} - 2000,$$

Тушение пожара в резервуаре ГПС-2000:

$$N_{\text{ГПС-2000}}^{\text{т}} = \frac{918 \cdot 0,08}{20} = 3,67, \text{ принимаем } 4 \text{ ГПС} - 2000$$

- Определить требуемое количество пенообразователя на тушение пожара в обваловании и резервуаре:

$$W_{\text{ПО}} = (q_{\text{по}} \cdot N_{\text{ГПС-2000}}^{\text{т}}) \cdot \tau_{\text{р}} \cdot 60 \cdot k, \quad (2.11)$$

$$W_{\text{ПО}} = (1,2 \cdot 14 + 1,2 \cdot 4) \cdot 15 \cdot 60 \cdot 3 = 58320 \text{ л. (ПО} - \text{6НП)}$$

где $q_{\text{по}}$ - расход пенообразователя из ствола, л/с;

$\tau_{\text{р}}$ - расчетное время тушения, мин;

k - трехкратный запас пенообразователя.

Вывод: Для тушения пожара в по расчету необходимо 14 ГПС-2000 и около 59 м^3 пенообразователя ПО-6НП. Запас пенообразователя в пожарной части ООО «Защита» 120 м^3 , из которого $5,3 \text{ м}^3$ находится в боевом расчете на АПТ-40(5557). Для доставки пенообразователя, согласно плана тушения пожара привлекается специальная автоцистерна ОАО НПЗ «ОНОС» объемом цистерны

равным 10 м^3 на котором пенообразователь доставляется к месту пожара, также имеется техника для доставки пенообразователя хранящаяся в специальных емкостях.

- Определим фактический (максимальный) расход воды на тушение пожара:

$$Q_{\phi}^T = N_{\text{ГПС-2000}}^T \cdot Q_{\text{ГПС-2000}}^E, \quad (2.12)$$

$$Q_{\phi}^T = 14 \cdot 18,8 = 263,2 \text{ л/с},$$

- Определим фактический расход воды на тушение и охлаждение:

$$Q_{\phi} = Q_{\phi}^T + Q_{\phi}^{\text{охл}}, \quad (2.13)$$

$$Q_{\phi} = 263,2 + 220,8 = 484 \text{ л/с}$$

2.7.2 Проверка водоотдачи противопожарного водопровода

Водоотдача участка противопожарного водопровода в резервуарного парка ОАО НПЗ «ОНОС» составляет 200 л/с, но при повышении давления насосами повысителями расход воды в кольцевом водопроводе составит 420 л/с. Водоотдача противопожарного водопровода обеспечит работу стволов на охлаждение горящего и соседних резервуаров, охлаждения дыхательного клапана соседнего резервуара №392. Для тушения пожара необходимо использовать пожарные водоемы: №6 $V=250 \text{ м}^3$, расположенный с юго-восточной стороны резервуарного парка на расстоянии 120 м от места пожара; №8 $V=5000 \text{ м}^3$ и №5 $V=250 \text{ м}^3$, расположенные с северной стороны резервуарного парка на расстоянии 300 и 180 м от места пожара соответственно;

- Определим требуемый объем воды для проведения пенной атаки в обваловании:

$$V_{\text{тр}}^E = N_{\text{ГПС-2000}}^T \cdot Q_{\text{ГПС-2000}}^E \cdot \tau_p \cdot 60 \cdot k, \quad (2.14)$$

$$V_{\text{тр}}^E = (14 \cdot 18,8 + 4 \cdot 18,8) \cdot 15 \cdot 60 \cdot 3 = 913680 \text{ л}$$

- Определим продолжительность работы приборов тушения по имеющейся схеме боевого развертывания:

$$\tau_p = \frac{0,9 \cdot V_B}{N_{\text{ГПС-2000}}^T \cdot q_{\text{ГПС-2000}}^B \cdot 60}, \quad (2.15)$$

- от ПВ V-250 м³ №6 с подачей 4 ГПС-2000:

$$\tau_p = \frac{0,9 \cdot 250000}{4 \cdot 18,8 \cdot 60} = 49,86 \text{ мин.}$$

- от ПВ V-250 м³ №5 с подачей 2 ГПС-2000:

$$\tau_p = \frac{0,9 \cdot 250000}{2 \cdot 18,8 \cdot 60} = 99,73 \text{ мин.}$$

- от ПВ V-5000 м³ №8 с подачей 8 ГПС-2000:

$$\tau_p = \frac{0,9 \cdot 5000000}{8 \cdot 18,8 \cdot 60} = 498,67 \text{ мин.}$$

Вывод: Запаса воды в пожарных водоемах № 6,5,8 для проведения пенной атаки достаточно. По выбранной схеме боевого развертывания пожарный водоем №6, V-250 м³ обеспечат водой работу по 6 ГПС-2000 в течении нормативного времени, водоем № V-5000 м³ обеспечит водой работу 8 ГПС-2000 намного превышающий требуемое время работы (более 8 часов). Полученные данные могут быть использованы в работе штаба пожаротушения в случае если с первой пенной атаки горящий нефтепродукт потушить не удастся.

В целях охлаждения горящего и соседних резервуаров, а также для подачи стволов на тушение по зеркалу будет использоваться кольцевой противопожарный водопровод водоотдачей Q=420 л/с.

Определим численность личного состава для тушения пожара:

- для подготовки и проведения пенной атаки:

$$N_{\text{л.с.}}^{\text{п.а.}} = 2 \cdot N_{\text{ГПС-2000}}; \quad (2.16)$$

$$N_{\text{л.с.}}^{\text{п.а.}} = 2 \cdot 14 = 28 \text{ человека;}$$

- для охлаждения горящего резервуара № 390 при помощи лафетных СТВОЛОВ:

$$N_{\text{л.с.}}^{\text{охл.г.}} = 2 \cdot N_{\text{ПЛС-20}}, \quad (2.17)$$

$$N_{\text{л.с.}}^{\text{охл.г.}} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ человек;}$$

- для работы со стволами РС-70 по охлаждению соседних резервуаров №389, №392 и охлаждение дыхательного клапана РВС № 392:

$$N_{\text{Л.С}}^{\text{охл.с}} = 2 \cdot N_{\text{РС-70}} + 1 \cdot N_{\text{ПЛС-20}}, \quad (2.18)$$

$$N_{\text{Л.С}}^{\text{охл.с}} = 2 \cdot 4 + 2 \cdot 1 = 10 \text{ человек};$$

- для работы на разветвлениях и контроле за насосно-рукавными системами:

$$N_{\text{Л.С}}^{\text{разв}} - 14 \text{ человек};$$

- для организации связи (связные у РТП, НЩ, НУТ):

$$N_{\text{Л.С}}^{\text{св}} - 6 \text{ человек}.$$

Общая численность личного состава:

$$N_{\text{Л.С}}^{\text{общ}} = N_{\text{Л.С}}^{\text{п.а}} + N_{\text{Л.С}}^{\text{охл.г.}} + N_{\text{Л.С}}^{\text{охл.с}} + N_{\text{Л.С}}^{\text{разв}} + N_{\text{Л.С}}^{\text{св}}, \quad (2.19)$$

$$N_{\text{Л.С}}^{\text{общ}} = 28 + 10 + 10 + 14 + 6 = 68 \text{ человек}.$$

Требуемое количество отделений на основных пожарных автомобилях:

$$N_{\text{отд}} = \frac{N_{\text{Л.С}}^{\text{общ}}}{4} = \frac{68}{4} = 17, \text{ принимаем } 19 \text{ отделений.} \quad (2.20)$$

Расстановка сил и средств:

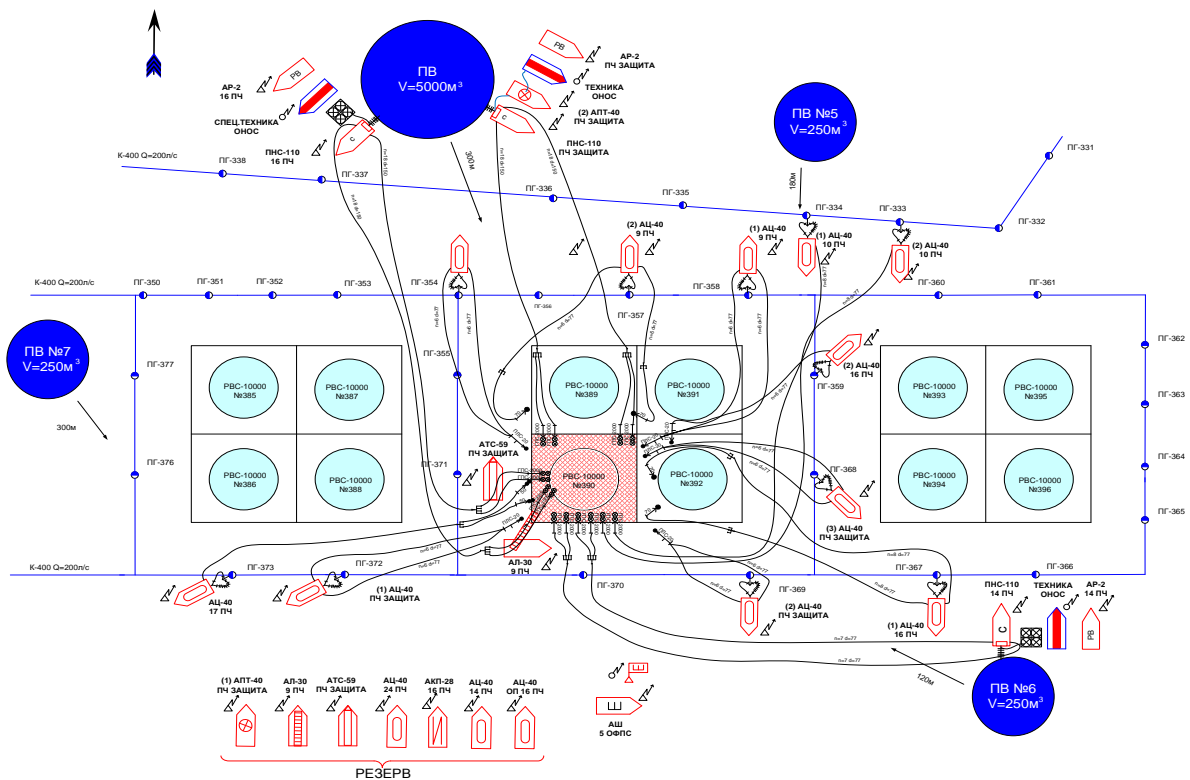


Рисунок 10 - Расстановка сил и средств (1 вариант)

Таблица 9 - Сводная таблица расчета сил и средств для тушения пожара в резервуаре обвалования и резервуаре

№ вызова	Периметр пожара, м.кв	Площадь пожара м.кв	Кол-во УТП	Количество и вид пожарных стволов					Расход воды	Расход ПО, л	Кол-во рукавов				Кол-во л/с
				ПЛС-20	ГПС-2000	ЛС-ПЗУ	РС-70	РСК-50			51	77	150	66	
3	260	4225	3	6	14	0	4	2	484,2	58320	4	124	80	4	68

Вывод: Согласно выполненным расчетам для тушения пожара в обваловании и резервуаре № 390 с нефтью, необходимо не только привлечь силы и средства Орского гарнизона пожарной охраны по вызову «Пожар №3» который установлен на данный объект автоматически, но и использовать резервы (привлечение дополнительных ПНС и АР), а также организовать доставку дополнительных ГПС-2000, что существенно увеличит время свободного горения. Также необходимо учитывать то, что тушение будет производиться поэтапно, сначала в обваловании потом в резервуаре, что так же увеличит время ликвидации. Сил и средств гарнизона для тушения данного пожара достаточно.

2.7.3 Расчет сил и средств при варианте тушения пожара №2

Тушение пожара в РВС-10000 №390 с использованием современных водопенных стволов ЛС-ПЗУ с применением фторпротеинового пленкообразующего пенообразователя «PETROFILM».

- Определяем необходимое количество лафетных стволов ПЛС-20 d_H -32 мм на охлаждение горящего резервуара в горящем обваловании:

$$N_{\text{охл}}^{\Gamma} = \frac{P_{\Gamma} \cdot I_{\text{тр}}^{\Gamma}}{q_{\text{ств}}}, \quad (2.21)$$

$$N_{\text{охл}}^{\Gamma} = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 1,2}{28} = 4,57 \text{ принимаем } 5 \text{ ПЛС} - 20$$

где P_r - периметр горящего резервуара, (м);

$I_{тр}^r$ - требуемая интенсивность подачи воды для охлаждения горящего резервуара, л/(с·м);

$Q_{ств}^r$ - расход воды из одного пожарного ствола, (л/с).

- Определяем необходимое количество ручных стволов РС-70 с диаметром насадка $d_H-25\text{мм}$ предназначенных для охлаждения соседних резервуаров, геометрические размеры резервуаров одинаковы:

$$N_{охл}^c = \frac{P_c \cdot I_{тр}^c}{2 \cdot Q_{ств}^c}, \quad (2.22)$$

$$N_{охл}^c = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 0,3}{2 \cdot 10} = 1,6 \text{ принимаем } 2 \text{ ствола РС} - 70, d_H - 25 \text{ мм}$$

где P_r - периметр горящего резервуара, м;

$I_{тр}^c$ - требуемая интенсивность подачи воды для охлаждения соседнего резервуара, л/(с·м);

$Q_{ств}^c$ - расход воды из одного пожарного ствола, л/с.

Получаем, что на охлаждение соседних резервуаров РВС №389, РВС №392 принимаем по 2 ствола РС-70, $d_H - 25$ мм на каждый. Также для защиты дыхательного клапана соседнего резервуара №389 подать 1 лафетный ствол ПЛС-20, $d_H - 25$ мм

- Определим фактический расход воды для охлаждения горящего резервуара:

$$Q_{ф}^r = N_{ств} \cdot Q_{ств}^r, \quad (2.23)$$

$$Q_{ф}^r = 5 \cdot 28 = 140 \text{ л/с}$$

- Определим фактический расход воды для охлаждения соседних резервуаров:

$$Q_{ф}^c = N_{РВС}^c \cdot N_{ств} \cdot Q_{ств}^c + N_{дых.ап.}^c \cdot N_{ств} \cdot Q_{ств}^c, \quad (2.24)$$

$$Q_{\Phi}^c = 2 \cdot 2 \cdot 10 + 1 \cdot 1 \cdot 16,7 = 56,7 \text{ л/с}$$

где $N_{РВС}^c$ - количество соседних резервуаров;

$N_{ств}$ – количество подаваемых приборов тушения;

$N_{дых.ап.}^c$ – количество дыхательных клапанов соседних резервуаров, которые необходимо охладить.

- Определим общий расход на охлаждение:

$$Q_{\Phi}^{охл} = Q_{\Phi}^c + Q_{\Phi}^r, \quad (2.25)$$

$$Q_{\Phi}^{охл} = 140 + 56,7 = 196,7 \text{ л/с}$$

- Определим требуемое количество отделений для охлаждения резервуаров:

$$N_{охл}^{отд} = \frac{N_{охл}^r}{N_{ПЛС-20}} + \frac{N_{охл}^c}{N_{РС-70}} + \frac{N_{дых.ап.}^c}{N_{ПЛС-20}}, \quad (2.26)$$

$$N_{охл}^{отд} = \frac{5}{1} + \frac{4}{2} + \frac{1}{1} = 8 \text{ отд}$$

- Определим площадь пожара в обваловании (тушение будем производить сначала в обваловании, потом в резервуаре). После ликвидации пожара расчетное количество водопенных стволов будет подано на зеркало резервуара, а оставшиеся стволы при этом должны находиться в рабочем состоянии для исключения возникновения повторного возгорания в обваловании:

$$S_{п}^{обв} = S_{обв} - S_{рез}, \quad (2.27)$$

$$S_{п}^{рез} = 918 \text{ м}^2$$

$$S_{п}^{обв} = (65 \cdot 65) - 918 = 3307 \text{ м}^2$$

- Определим требуемое количество пенных стволов ЛС – П30У на тушение пожара:

$$N_{ЛС-П30У}^r = \frac{S_{п} \cdot I_{тр}^r}{Q_{р-р}}, \quad (2.28)$$

Тушение пожаров в обваловании:

$$N_{\text{ЛС-ПЗУ}}^{\text{т}} = \frac{3307 \cdot 0,07}{30} = 7,7 \text{ принимаем } 8 \text{ ЛС – ПЗУ};$$

Тушение пожара в резервуаре:

$$N_{\text{ЛС-ПЗУ}}^{\text{т}} = \frac{918 \cdot 0,07}{30 \cdot 0,75} = 2,88, \text{ принимаем } 3 \text{ ЛС – ПЗУ}$$

- Определить требуемое количество пенообразователя на тушение пожара в обваловании и резервуаре:

$$W_{\text{ПО}} = (q_{\text{по}} \cdot N_{\text{ЛС-ПЗУ}}^{\text{т}}) \cdot \tau_{\text{р}} \cdot 60 \cdot k, \quad (2.29)$$

$$W_{\text{ПО}} = (1,8 \cdot 8 + 1,8 \cdot 3) \cdot 15 \cdot 60 \cdot 3 = 53460 \text{ л.}$$

пенообразователь «PETROFILM»

где $q_{\text{по}}$ - расход пенообразователя из ствола, л/с;

$\tau_{\text{р}}$ - расчетное время тушения, мин;

k - трехкратный запас пенообразователя.

Вывод: Для тушения пожара в обваловании по расчету необходимо 8 водопенных ствола ЛС-П40У и около 54 м³ пенообразователя «PETROFILM». В боевом расчете в пожарной части ООО «Защита» имеются автомобиль воздушно-пенного тушения АПТ-40(53215) с запасом пенообразователя – 7,5 м³ который не обеспечит работу требуемого количества стволов в течение 45 мин. Также для доставки требуемого количества пенообразователя, согласно плана тушения пожара привлекается специальная техника ОАО НПЗ «ОНОС» на котором пенообразователь хранящийся в специальных емкостях (85 емкостей с пенообразователем «PETROFILM» по 1000л в каждой) доставляется к месту пожара.

- Определим фактический (максимальный) расход воды на тушение пожара:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{т}} = N_{\text{ЛС-ПЗУ}}^{\text{т}} \cdot q_{\text{ЛС-ПЗУ}}^{\text{в}}, \quad (2.30)$$

$$Q_{\phi}^T = 8 \cdot 28,2 = 225,6 \text{ л/с,}$$

- Определим фактический расход воды на тушение и охлаждение:

$$Q_{\phi} = Q_{\phi}^T + Q_{\phi}^{\text{охл}}, \quad (2.31)$$

$$Q_{\phi} = 225,6 + 196,7 = 422,3 \text{ л/с}$$

2.7.4 Проверка возможности противопожарного водопровода

Водоотдача участка противопожарного водопровода в резервуарного парка ОАО НПЗ «ОНОС» составляет 200 л/с, но при повышении давления насосами-повысителями расход воды в кольцевом водопроводе составит 420 л/с. Водоотдача противопожарного водопровода обеспечит работу стволов на охлаждение горящего и соседних резервуаров, охлаждения дыхательного клапана соседнего резервуара №389. Для тушения пожара в обваловании и по зеркалу необходимо использовать пожарные водоемы: №6 V-250м³, расположенный с юго-восточной стороны резервуарного парка на расстоянии 120 м от места пожара; №8 V-5000м³, расположенный с западной стороны резервуарного парка на расстоянии 300 м от места пожара.

- Определим требуемый объем воды для проведения пенной атаки:

$$V_{\text{тр}}^B = N_{\text{ЛС-П40У}}^T \cdot Q_{\text{ЛС-П40У}}^B \cdot \tau_p \cdot 60 \cdot k, \quad (2.32)$$

$$V_{\text{тр}}^B = (8 \cdot 28,2 + 3 \cdot 28,2) \cdot 15 \cdot 60 \cdot 3 = 609120 \text{ л}$$

- Определим продолжительность работы приборов тушения по имеющейся схеме боевого развертывания:

$$\tau_p = \frac{0,9 \cdot V_B}{N_{\text{ЛС-П30У}}^T \cdot Q_{\text{ЛС-П30У}}^B \cdot 60}, \quad (2.33)$$

- от ПВ V-250 м³ №6 с подачей 2 ЛС-П40У:

$$\tau_p = \frac{0,9 \cdot 250000}{2 \cdot 28,2 \cdot 60} = 664,8 \text{ мин.}$$

- от ПВ V-5000 м³ №8 с подачей 6 ЛС-П40У:

$$\tau_p = \frac{0,9 \cdot 5000000}{6 \cdot 28,2 \cdot 60} = 443,2 \text{ мин.}$$

Вывод: Запаса воды в пожарных водоемах № 6,8 для проведения пенной атаки достаточно, оба водоема обеспечат работу стволов по выбранной схеме намного превышающий требуемое время (более 7 часов). Полученные данные могут быть использованы в работе штаба пожаротушения в случае если с первой пенной атаки горящий нефтепродукт потушить не удастся.

В целях охлаждения горящего и соседних резервуаров, а также для подачи стволов на тушение по зеркалу будет использоваться кольцевой противопожарный водопровод водоотдачей $Q=420$ л/с.

- Определим численность личного состава для тушения пожара:

- для подготовки и проведения пенной атаки:

$$N_{\text{л.с}}^{\text{п.а.}} = 2 \cdot N_{\text{сл-пзou}}; \quad (2.34)$$

$$N_{\text{л.с}}^{\text{п.а.}} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ человек};$$

- для охлаждения горящего резервуара № 390 при помощи лафетных СТВОЛОВ:

$$N_{\text{л.с}}^{\text{охл.г.}} = 2 \cdot N_{\text{плс-20}}, \quad (2.35)$$

$$N_{\text{л.с}}^{\text{охл.г.}} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ человек};$$

- для работы со стволами РС-70 по охлаждению соседних резервуаров №389, №392 и охлаждение дыхательного клапана РВС №389 и 392:

$$N_{\text{л.с}}^{\text{охл.с}} = 2 \cdot N_{\text{РС-70}} + 2 \cdot N_{\text{плс-20}}, \quad (2.36)$$

$$N_{\text{л.с}}^{\text{охл.с}} = 2 \cdot 4 + 2 \cdot 1 = 10 \text{ человек};$$

- для работы на разветвлениях и контроле за насосно-рукавными системами:

$$N_{\text{л.с}}^{\text{разв}} = 10 \text{ человек};$$

- для организации связи (связные у РТП, НЩ, НУТ):

$$N_{\text{л.с}}^{\text{св}} = 6 \text{ человека.}$$

Общая численность личного состава:

$$N_{\text{л.с}}^{\text{общ}} = N_{\text{л.с}}^{\text{п.а.}} + N_{\text{л.с}}^{\text{охл.г.}} + N_{\text{л.с}}^{\text{охл.с}} + N_{\text{л.с}}^{\text{разв}} + N_{\text{л.с}}^{\text{св}}, \quad (2.37)$$

$$N_{л.с}^{общ} = 16 + 10 + 10 + 10 + 6 = 52 \text{ человек.}$$

Требуемое количество отделений на основных пожарных автомобилях:

$$N_{отд} = \frac{N_{л.с}^{общ}}{4} = \frac{52}{4} = 13, \text{ принимаем } 13 \text{ отделений.} \quad (2.38)$$

Расстановка сил и средств:

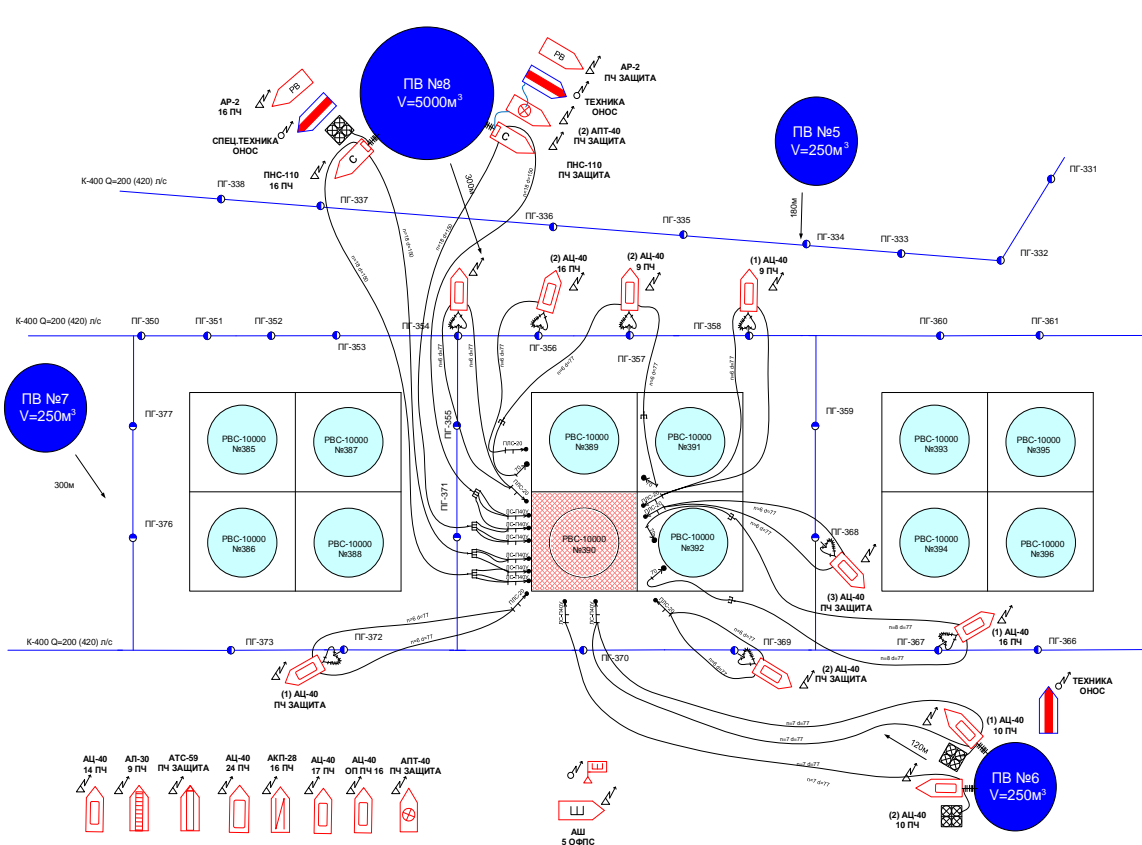


Рисунок 11 - Расстановка сил и средств (2 вариант)

Таблица 10 - Сводная таблица расчета сил и средств для тушения пожара в резервуаре обвалования и резервуаре

№ вызова	Периметр пожара,	Площадь пожара м. кв	Кол-во УТП	Количество и вид пожарных стволов					Расход воды	Расход ПО, л	Кол-во рукавов				Кол-во л/с
				ПЛС-20	ЛС-П40У	ГПС-600	РС-70	РСК-50			51	77	150	66	
3	260	4225	3	6	8	0	4	0	422,3	53460	0	126	66	4	52

Вывод: Согласно выполненным расчетам для тушения пожара в обваловании и резервуаре №390 с нефтью, необходимо привлечь силы и средства Орского гарнизона пожарной охраны по вызову «Пожар №3» который установлен на данный объект автоматически. Сил и средств гарнизона для тушения данного пожара достаточно.

2.7.5 Разработка рекомендаций по совершенствованию тушения пожаров на предприятиях по переработки нефти

В обоих случаях согласно выполненным расчетам для тушения пожара в резервуаре №390 с нефтью, необходимо привлечь силы и средства Орского гарнизона пожарной охраны по вызову «Пожар №3» который установлен на данный объект автоматически. Но в первом случае создается необходимость вызова дополнительной техники и вооружение (ПНС, АР, ГПС-2000), общее количество техники и пожарно-технического вооружения и личного состава несоизмеримо больше чем во втором случае. При втором варианте тушения пожара мы видим существенные преимущества:

- позиции ствольщиков расположены на более дальнем расстоянии (практическим путем доказана эффективность подачи низкократной пены на высоту 12-13 метров (высота резервуара РВС-10000) с расстояния 25-30 метров, тогда как АЛ-30 согласно своих ТТХ должно быть расположено в диапазоне 10-18 метров от объекта);
- ствольщики имеют относительно высокую маневренность и в случае поступления сигнала тревоги могут покинуть опасную зону;
- сокращается время развертывания сил и средств, соответственно и время подачи огнетушащих средств;
- тушение производится без использования специальной техники (АЛ, АКП), соответственно нет необходимости вводить дополнительно стволы на защиту приборов подачи пены и подъемного механизма АЛ, АКП;
- привлечено меньшее количество сил и средств.

В свою очередь пена низкой кратности, получаемая из фторпротеинового пенообразователя «PETROFILM»:

- обеспечивает образование пленки на поверхности горящего продукта, препятствующая испарению паров горючего в том числе у стенок резервуара;
- благодаря высокой текучести позволяет пене обтекать препятствия (карманы) и быстро растекаться по поверхности горящего продукта (ЛВЖ, ГЖ);
- благодаря высокой стойкости, препятствует повторному воспламенению.

ПО-6НП - синтетический пенообразователь для пожаротушения, не содержащий фторированных поверхностно-активных веществ. В соответствии с ГОСТ Р 50588-2012 и международной классификацией, ПО-6НП относится к пенообразователям типа S. Пенообразователь ПО-6НП имеет повышенную огнетушащую способность и используется для получения пены низкой, средней и высокой кратности. Пенконцентрат представляет собой водный раствор натриевых солей вторичных алкилсульфатов со стабилизирующими добавками и применяется для тушения пожаров классов А и В.

По требованиям безопасности пенообразователь относится к 4 классу опасности и согласно ГОСТ 12.1.007 является малоопасным веществом. Согласно этому, ПО-6НП - трудногорючая жидкость со специфическим запахом, не способная к самостоятельному горению. Рабочий раствор пенконцентрата пожаро- и взрывобезопасен. Пенообразователь, согласно ГОСТ Р 50595, является биологически «мягким» продуктом и относится к быстроразлагаемым продуктам (более 80%).

Концентрация рабочего раствора ПО-6НП для получения пены на питьевой воде - 6% (объемных). Температура замерзания составляет -3°C.

Фторпротеиновый пленкообразующий пенообразователь «PETROFILM» относится к классу FFFP и позволяет получать пену устойчивую к загрязнению нефтепродуктами и использовать его не только для подачи на поверхность горючей жидкости, но и при подслоном способе тушения. Пена из пенообразо-

вателя «PETROFILM» имеет хорошую текучесть, повышенную сопротивляемость к повторному воспламенению топлива, образует устойчивую изолирующую пленку на поверхности углеводородов, в том числе при наличии горячих поверхностей, прочно прилипает к металлическим конструкциям. Высокая огнетушащая эффективность этого пенообразователя подтверждена во время многочисленных экспериментов как за рубежом, так и в России (в городах Новый Уренгой, Ноябрьск, Альметьевск, Ангарск, Ачинск, Новокуйбышевск и другие).

Достоинствами пенообразователя фторпротеинового пенообразователя являются умеренная стоимость, длительный гарантийный срок хранения (до 20 лет), низкая температура замерзания (минус 40°C), возможность получения пены низкой кратности с водой любой жесткости, в том числе морской, а также совместимость пены на его основе с сухими порошками при их отдельной подаче.

Фторпротеиновый пленкообразующий пенообразователь «PETROFILM» для применения в виде пены низкой кратности с рабочей концентрацией 3%, 6%, 6% (минус 40°C) по ТО 001EEF-2009

PETROFILM - высоко фторпротеиновый FFFP типа пленкообразующего пены для тушения пожаров углеводородных топлив. Пены низкой и средней кратности.

PETROFILM - пенообразующего агента, состоящие из белка пенящихся, поверхностно-активные вещества фторорганические соединений олеофобными и свойств пленкообразующих.

PETROFILM сочетает в себе лучшие качества двух свойств:

- FFFP гася скорость при воздействии пламени, которые возникали на поверхности углеводородного топлива;
- Высокая эффективность фторпротеиновой пены для тушения крупных пожаров: в нефтяной, газовой, нефтехимической и химической промышленности.

Назначение пенообразователя PETROFILM;

- для тушения пожаров на предприятиях, занимающихся производством, транспортировки и хранения углеводородных топлив
- тушение пожаров на воздушных судах;
- тушение пожаров стационарных установок с помощью распылительных устройств (пульверизатор).

Технические характеристики пенообразователя PETROFILM соответствует стандарту NF EN 1568.3 и NF EN 1568.1 со следующими свойствами: • 1568.3 Класс I уровень повторное возгорание B • 1568.1 ОБЩИЕ (согласно NF EN 1568)

Пенообразователь PETROFILM 6:

Плотность при 20 AC C в 1125 кг / л

Значение PH при 20C, pH 7,0

Вязкость при 20C 5 mm².s

Температура застывания - 15 C

Коэффициент седиментации <= 0.1%

Поверхностное натяжение, 6 % раствор 17 mN.m

Поверхностное натяжение на границе раздела 6% раствора / циклогексан 4 mN.m

Пена с концентрацией 6%:

Пенообразователь PETROFILM 3:

Плотность при 20 AC C в 1125 кг / л

Значение PH при 20C, pH 7,0

Вязкость при 20 AC C 18 mm².s

Температура застывания - 15 C

Коэффициент седиментации <= 0.1%

Поверхностное натяжение 3% раствора 17 mN.m

Поверхностное натяжение на границе 3 % раствора / циклогексан 4 mN.m Пенообразователь с концентрацией 3 %:

2.7.6 Разработка мер по обеспечению безопасных условий ведения действий по тушению пожара, рассмотрение вопросов охраны труда

При тушении пожара необходимо обеспечить выполнение требований приказа Минтруда РФ от 23.12.2014 № 1100н "Об утверждении правил охраны труда в подразделениях Федеральной противопожарной службы ГПС" и Руководства по тушению нефти и нефтепродуктов в РВС и резервуарных парках. Дополнительные меры безопасности должны быть предусмотрены в плане автоматических систем пожаротушения с учетом характерных особенностей объекта и развития пожара.

Перед началом разворачивания сил и средств руководитель тушения пожара обязан:

выбрать и указать участникам тушения наиболее безопасные и кратчайшие пути прокладки рукавных линий, переноса оборудования и инвентаря;

организовать установку автомобилей, оборудования и расположить личный состав на безопасном расстоянии с учетом возможного вскипания, выброса, разлива горящего нефтепродукта и положения зоны задымления, а также, чтобы они не препятствовали расстановке прибывающих сил и средств. Избегать установки техники с подветренной стороны;

установить единые сигналы для быстрого оповещения людей об опасности и известить о них всех участников тушения, работающих на пожаре (аварии), и определить пути отходов в безопасное место. Сигнал на эвакуацию личного состава при возникновении угрозы разрушения резервуара, вскипания или выброса горючей жидкости из резервуара следует подавать с помощью сирены от пожарного автомобиля по приказу РТП или оперативного штаба тушения пожара. Сигнал на эвакуацию личного состава должен принципиально отличаться от всех других сигналов на пожаре;

в целях обеспечения безопасности всех участников тушения пожара и техники при угрозе выброса устанавливать пожарные машины (за исключением техники, используемой для подачи огнетушащих веществ) с наветренной стороны не ближе 120 м от горящего РВС;

в процессе подготовки к тушению пожара назначить наблюдателей за поведением конструкций горящего и соседних с ним РВС.

Личный состав пожарной охраны, обеспечивающий подачу огнетушащих веществ на тушение и охлаждение РВС, должен работать в теплоотражательных костюмах, а при необходимости - под прикрытием распыленных водяных струй.

Все участники тушения пожара обязаны следить за изменением обстановки: процессом горения, поведением конструкций, состоянием технологического и пожарного оборудования, а в случае возникновения опасности, немедленно оповестить всех работающих на этом участке и РТП.

Категорически запрещается ствольщикам находиться в обваловании горящего РВС при наличии проливов нефтепродукта, не покрытого слоем пены, и при отсутствии работающих пеногенераторов или пенных стволов в местах работы личного состава.

В целях безопасности участников тушения и техники, при угрозе выброса, пожарную технику установить с наветренной стороны, не ближе 120 м до горящего РВС, при необходимости организовать ее защиту распыленными струями воды.

С учетом возможности разрушения РВС, на месте пожара с помощью представителей объекта сосредоточить необходимое количество бульдозеров, самосвалов и другой вспомогательной техники. Для ликвидации последствий аварии пожара.

3. Научные разработки и исследования огнетушащих веществ (пенообразователь) для эффективного тушения пожаров на объектах переработки и хранения нефтепродуктов и способов тушения пожаров

3.1 Пенное пожаротушение, история возникновения и современное развитие

«Мог ли предполагать преподаватель Бакинской гимназии Александр Григорьевич Лоран, представивший в 1904 г. обществу новый способ тушения пожаров жидкостей, что его изобретение со временем станет таким важным для пожарной безопасности? Путь, пройденный пенным пожаротушением от небольшой нефтяной ямы, на которой Лоран демонстрировал свое изобретение, до современной отрасли, на которую сейчас во всем мире работает множество лучших умов и предприятий, впечатляет» (Георгий Теплов Ведущий научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России, к.т.н.)

Лоран, сам того не предполагая, изложил в своем изобретении главные составные части целого направления в науке о пожарной безопасности – пенного пожаротушения. Это способы получения пены и ее подачи в пламя и химический состав пенообразователя – вещества, из которого пена, собственно, и получается и которое предотвращает ее быстрое разрушение. Состав пенообразователя, предложенный Лораном, основан на экстракте лакричного корня (или солодки), щелочи и кислоты. До 1937 г. в СССР наибольшее распространение имел способ тушения ГЖ с помощью двухкомпонентного порошкового состава, одна часть которого содержала щелочь и пеностабилизирующую основу, а другая – кислоту. Этот способ был очень трудоемким и требовал большого количества работников. В остальном мире, кроме химической пены, часто применяли также воздушно-механическую тяжелую пену (или, как сейчас принято ее называть, пену низкой кратности).

Исторические факты, как начинались разработки пенного пожаротушения во ВНИИПО, можно считать исследования Л.М. Розенфельда, который

внедрил в производство составы пенообразователей на основе протеина крови животных (ПО-2, более поздний аналог ПО-6) и синтетических ПАВ из некоторых фракций керосина (ПО-1), которые предназначались для получения воздушно-механической пены. В конце 1930-х гг. проблема применения воздушно-механической пены при тушении пожаров еще не была полностью исследована. После разработок ПО-1 и ПО-2 Лев Моисеевич продолжил исследования по изучению свойств противопожарных видов воздушно-механической пены с целью повышения её устойчивости. Розенфельд показал, как различные факторы влияют на свойства противопожарной воздушно-механической пены, и впервые отметил связь кинетики пенообразования с кратностью и устойчивостью пены.

Ничего примечательного в области развития пенного пожаротушения не случилось до конца 1940-х – начала 1950-х гг., когда произошли несколько крупных пожаров в хранилищах нефти и нефтепродуктов. В 1949 г. ЦНИИПО было поручено разработать рекомендации тушения пожаров в хранилищах нефти и нефтепродуктов таких пожаров. Тогда же Министерство нефтяной промышленности СССР возвело для этих целей в Баку специальный пожарный полигон, главной достопримечательностью которого можно назвать резервуар объемом пять тысяч кубических метров. Под руководством Ивана Ивановича Петрова на полигоне института была оборудована площадка для испытаний в модельных резервуарах, которая немало послужила в дальнейшем и в деле развития пенного пожаротушения.

Исследования по изучению возможности тушения крупных пожаров ЛВЖ и ГЖ продолжались без особого успеха. Вскоре стало окончательно ясно, что воздушно-механическая пена низкой кратности из существовавших пенообразователей и химическая пена, неэффективны при тушении крупных пожаров. Одновременно пробовали применять воздушно-механическую пену более высокой кратности, получаемую надувными пеногенераторами на основе пакета сеток. Но опять без успеха. Рост нефтедобычи в 1960-е гг. настоятельно требовал решения этой проблемы.

В январе 1962 г. был создан отдел пожаротушения, который вскоре получил легендарный в сегодняшнем ВНИИПО №5. В план работ отдела тогда уже была включена тема по разработке рекомендаций по тушению пожаров нефтепродуктов в железобетонных заглубленных резервуарах. В конце того же года на полигоне в Альметьевске в рамках выполнения работы по защите железобетонных резервуаров были проведены крупномасштабные исследования с привлечением пожарных Татарии и Москвы. Однако новые разработки проблему по-прежнему не решали.

В 1963 г. в новообразованном отделе пожаротушения под руководством И.И. Петрова были начаты комплексные поисковые работы по пенному тушению. Лаборатория пенообразователей во главе с М.В. Казаковым занималась анализом составов существующих в мире пенообразователей и поиском закономерностей поведения пены в зависимости от компонентов. Лаборатория, которой руководил В.Ч. Реутт, при участии Петрова занималась исследованием влияния способов получения воздушно-механической пены на ее огнетушащие свойства. Ключевое звено решения проблемы, наконец, было найдено. Им стал пеногенератор.

В 1960–1970-х годах изучением вопросов пенного пожаротушения занимались еще некоторые пожарно-испытательные станции. И при проведении экспериментов с применением сеточного пеногенератора с наддувом воздуха, из которого обычно получали пену кратностью 300 и выше, отказало устройство наддува воздуха. Пена, однако, не перестала образовываться. Она несколько отличалась от обычной пены высокой кратности. В дальнейшем инициативные изобретатели стали предлагать свои конструкции пеногенераторов главному управлению, которое отправляло эти предложения в ЦНИИП на отзыв и заключение о практической пригодности.

Несколько месяцев сотрудники отдела пожаротушения под руководством Реутта доводили до ума конструкцию генератора. Виктор Чеславович обосновал оптимальную конструкцию корпуса генератора-распылителя. Совместно с

конструкторским отделом института разработка была воплощена в металле, и к весне 1964 г. появился целый ряд генераторов различной производительности. Впервые во время проведения масштабных исследований удалось ликвидировать крупный пожар, подавая менее 0,1 л/с из расчета на один квадратный метр горячей поверхности, да еще за короткое время. В результате эффективность средств тушения повысилась в 10 раз.

Тогда и состоялось принципиальное решение проблемы. Началась разработка практических нормативов и рекомендаций по тушению пожаров в резервуарах пеной средней кратности. Исследования на этом новом направлении, завершившиеся натурными испытаниями осенью 1965 г. в порту Баку и в 1966 г. в порту Ленинграда, показали высокую эффективность воздушно-механической пены средней кратности и при тушении больших объемов нефтепродуктов на судах. В итоге в Морской реестр СССР были внесены изменения, в соответствии с которыми пена средней кратности, получаемая с помощью генераторов ПГВ600, стала основным средством тушения пожаров на судах. Эта работа послужила также толчком к плотному сотрудничеству Министерства морского флота с институтом. В 1967 г. была создана СНИЛ – Специальная научно-исследовательская лаборатория, включенная в состав ЦНИИПО, с размещением в Ленинграде (сейчас это Санкт-Петербургский филиал ВНИИПО). Руководителем СНИЛ в 1968 г. стал В.И. Сомов. Для участия в работах по пенному тушению в Ленинград был приглашен сотрудник Свердловской пожарно-испытательной станции А.А. Котов, который занимался разработкой генераторов пены кратностью около 1000. При его участии в СНИЛ начались работы по тушению трюмов, заполнением такой пеной. К сожалению, им не удалось преодолеть ряд проблем, и впоследствии такие работы были завершены. А в Балашихе между тем продолжалась работа по практическому воплощению найденного решения. В 1967 г. были введены в действие «Временные рекомендации по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах пеной средней кратности».

Этот документ окончательно узаконил применение пены средней кратности, определил соответствующие нормативы, оборудование, пенообразователи и тактику тушения.

Кроме того, проводились работы по другим средствам и способам пенного пожаротушения, например, освоение тушения нефтепродуктов в резервуарах, подача пены низкой кратности из-под слоя ГЖ по эластичному рукаву (принцип которого был заимствован за рубежом). Это привело к разработке ГОСТ 16006 и введению в действие в 1968 г. «Указаний на проектирование и эксплуатацию установки типа УППС для тушения пожаров нефтепродуктов в наземных резервуарах». В эти же годы под руководством Казакова был разработан состав пенообразователя ПО-1С, пена которого могла успешнее тушить пламя водорастворимых ГЖ, таких как низшие спирты и органические кислоты, ацетон и т.д., агрессивные к обычной воздушно-механической пене. А совместно с НИЛ УПО МВД Азербайджанской ССР отработана тактика тушения пожаров таких ГЖ в резервуарах. Эта работа закончилась принятием в 1971 г. «Рекомендаций по тушению пожаров спиртов в резервуарах».

16 апреля 1973 г. были утверждены «Указания по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах», разработанные на основе результатов работы теперь уже ВНИИПО, которые заменили все прежние документы в этой области. После принятия этого документа интенсивность работ в части применения воздушно-механической пены снизилась. Акцент был сделан на исследование автоматических систем.

3.2 Пенное пожаротушение, зарубежный и отечественный опыт

Торговое название пенообразователя «Легкая вода» становится символом и де-факто наименованием всего класса пленкообразующих пенообразователей, известных сейчас как пенообразователи AFFF и FFFP. Кроме образования уникальной изолирующей пленки, преимущество этих пенообразовате-

лей заключается в том, что фторированные ПАВ более устойчивы к загрязнению пены топливом при их контакте, чем традиционные углеводородные.

В 1973 г. во ВНИИПО появился представитель американской фирмы ЗМ, которая первой освоила производство такого пенообразователя. Естественно, целью визита было продвижение продукции на новый рынок. В ходе встречи была достигнута договоренность о проведении крупномасштабных сравнительных испытаний в СССР. Во время испытаний американский пенообразователь потушил пеной низкой кратности пламя сверху в резервуаре емкостью 5000 куб. м с площадью зеркала 400 кв. м примерно с той же эффективностью, что и наш пенообразователь пеной средней кратности. Но, к удивлению наших специалистов, после частичного разрушения пены еще некоторое время не удавалось поджечь свободную поверхность бензина. Американцы, конечно, получили желаемые ими протоколы испытаний, но они им не помогли в продвижении своей продукции из-за слишком большой цены.

С участием специалистов ВНИИПО в Эстонии было освоено производство биологически мягкого пенообразователя ПО-1А (впоследствии модернизированного в ПО-3А и затем ПО-3АИ), одна из особенностей которого – вдвое меньшая концентрация применения по сравнению с предшественниками.

Пожар в гостинице «Россия» в 1977 г., в котором погибли 42 человека, опять побудил государство обратить внимание на пожарную безопасность. По инициативе института, руководства пожарной охраны и министерства было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров о разработке составов и технологии изготовления пленкообразующих пенообразователей типа «Легкая вода». ГИПХ на основе литературных данных и с учетом своих технологических возможностей сделал ставку на катионактивные фтор-ПАВ. Эти ПАВ по структуре отличались от использованных в американской «Легкой воде», но теоретически могли иметь некоторые преимущества.

К 1979 г. во ВНИИПО произошли серьезные изменения. Во-первых, к этому времени работы по моделированию и масштабированию огневых испытаний начали приносить плоды. Сотрудники лаборатории В.М. Кучера создали

прототип модельного пеногенератора средней кратности с расходом раствора всего 2 г/с и продолжали отработку методики маломасштабных испытаний по определению огнетушащей способности пены средней кратности. Во-вторых, начались работы по созданию нового, более эффективного пенообразователя для тушения пожаров водорастворимых ГЖ.

Среди этих событий необходимо особенно отметить появление экспресс-метода огневых испытаний. К началу 1970-х гг. уже была создана полигонная методика огневых испытаний, основанная на использовании модельного резервуара диаметром 3,57 м и площадью 10 кв. м и специально сконструированного для этой цели пеногенератора типа ГВП с номинальным расходом пенного раствора 1 л/с и набором распылителей, позволявших уменьшать расход и тем самым в некоторых пределах менять интенсивность подачи пены. Однако условия пенообразования при замене распылителя в пеногенераторе менялись, что не добавляло уверенности в полученных зависимостях. Новая методика обеспечила неизменность свойств пены во всем диапазоне интенсивностей, позволила исследовать влияние кратности пены на процесс тушения.

В 1977 г. Госстандарт предложил ВНИИПО впервые в его истории принять участие в работе 21-го Технического комитета Международной организации по стандартизации (ИСО), в ведении которого была защита от пожаров и пожаротушение. К 1980 г. с помощью ВНИИПО в Эстонии уже было налажено производство биологически мягких ПО-3А и САМПО. В г. Салавате Башкирской АССР было налажено масштабное производство пенообразователя ПО-1Д, также разработанного с участием ВНИИПО. Общее количество пенообразователей, выпускавшихся в СССР, к 1980 г. значительно выросло и достигало 40 тыс. тонн в год.

3.3 Пенное пожаротушение, достижения 1980–1990-х годов

Интересным и актуальным достижением того времени можно считать разработку принципов экспресс-измерения кратности воздушно-механической

пены, в ходе которой Е.В. Кокорев под руководством А.Ф. Шароварникова изобрел компактный прибор, пригодный к мобильному использованию. В 1984 г. состоялись успешные испытания выпущенного опытным заводом ГИПХ спиртового пенообразователя, получившего название ФОРЭТОЛ. Межведомственная комиссия подтвердила его высокую эффективность и присвоила техническим условиям статус серийного производства. Отставание от Запада не значительно, но сократилось.

Следующей задачей в части составов пенообразователей стало изыскание возможностей по снижению количества в них фтор-ПАВ и удешевлению их состава. К этому времени в стране возникла новая крупная проблема в области пожарной безопасности. В начале 1980-х гг. было принято решение резко увеличить производство метанола для нужд производства удобрений с целью его экспорта. Тактика тушения, узаконенная в 1971 г. соответствующими рекомендациями и основанная на предварительном разбавлении ГЖ после откачки части продукта, была неприменима в таких масштабах. Пенообразователь ФОРЭТОЛ тоже не мог радикально решить проблему из-за нехватки сырья и его дороговизны.

В 1986 г. состоялись приемочные испытания нового пенообразователя. Разработанный на основе предшествовавшего ему ФОРЭТОЛа состав содержал в сумме почти в два раза меньше фтор-ПАВ, часть из которых была еще и дешевле, чем предыдущее ПАВ.

Вторая половина 1980-х гг. во ВНИИПО была также отмечена ключевыми событиями, влияющими на развитие пенного тушения. Н.В. Сотников под руководством А.Ф. Шароварникова изобрёл пеногенератор средней кратности эжекционного типа с рекордно малым расходом в 50 г/с. Тем самым открылась возможность экспресс-проверки пенообразующей способности в лаборатории без применения полигонного оборудования. Н.В. Сотниковым был предложен также интересный способ подачи воздушно-механической пены (аналогов которому в мире не было), позволивший снизить необходимую интенсивность подачи пены в 1,5 раза. Для реализации подслоного тушения в 1987 г. была

выделена группа под руководством А.Ф. Шароварникова, названная сектором новых способов тушения. Ее основным направлением стали исследования автономных способов тушения, исследования закономерностей тушения подачей воздушно-механической пены под слой горючего и изучение возможности образования огнетушащей пены непосредственно в очаге пожара при попадании в него компактной струи раствора. Всем этим работам, включая и рекомендациям по подслоному тушению, не суждено было долго жить.

Из значимых исследований института в период после 1988 г. в области пенообразователей можно отметить окончание разработки стандарта с требованиями к пенообразователям, начатой еще в середине 1980-х гг. и завершившейся введением в действие ГОСТ-Р 50588 в 1993 г.

С открытием экономики страны разработка составов пенообразователей силами ВНИИПО постепенно утратила свою актуальность. Исчез дефицит сырья для любых пенообразователей вплоть до самых эффективных. Соответственно организациям, желающим начать производство пенообразователей, оставалось только найти среди уже разработанных подходящую им рецептуру. С середины 1990-х гг. в России доступны практически любые, в том числе и самые продвинутые пенообразователи, выпускаемые в мире. Конкуренция на этом рынке привела к ликвидации неэффективных производств, производство «Пленкообразующего», ФОРЭТОЛа и «Универсального» остановилось.

3.4 Нормативные документы по применению пенообразователей для тушения пожаров.

К середине 1990-х гг. на рынке появилось много новых составов, их ассортимент постоянно изменялся. В связи с острой нехваткой нормативных значений показателей, позволяющих проверять качество разнообразных пенообразователей, которые изготавливались на основе европейских требований и ИСО, возникла необходимость переработки стандарта 1993 г. Были разработаны нормы пожарной безопасности НПБ 304-2001, содержащие требования к пенообразователям и методы их испытаний.

В 2007 г. вышли рекомендации «Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров». В 2009 г. был введен в действие ГОСТ Р 53280.1 с требованиями к пенообразователям для тушения пожаров водорастворимых полярных жидкостей и с методами испытаний, разработанный на основе соответствующего раздела отмененных к этому времени НПБ 304-2001. В силу известных обстоятельств объем экспериментальных работ значительно снизился, однако документы продолжали перерабатываться. К 1999 г. были существенно актуализированы рекомендации 1991 г. по тушению пожаров в резервуарах для хранения нефтепродуктов.

И научная деятельность в этой области постепенно затухает. Однако было бы неправильно считать, что перспективы у подобной работы отсутствуют. Поскольку рассматриваемая нами область охватывает самые существенные и актуальные направления в пожарной безопасности, она неизменно привлекает к себе внимание специалистов других направлений, в том числе и во ВНИИПО. Так, например, сравнительно недавно получила развитие и новое применение одна из прежних разработок ВНИИПО. С помощью той давней установки и современного пенообразователя в натурных испытаниях пламя бензина в резервуаре емкостью 5000 куб. м (площадь поверхности горения 344 кв. м) было потушено за время в пределах 30 с. На основе этой разработки открывается перспектива увеличения энерговооруженности при тушении пожаров в резервуарах на порядок.

Была также создана первая отечественная установка по получению пены компрессионным способом. Замена сеток на перфорированные круглыми отверстиями пластины позволила не только существенно облегчить условия получения пены средней кратности, но и кардинально изменила конструкцию генераторов пены высокой кратности. В настоящее время в генераторах новой конструкции стало возможным получение пены кратностью около 1000 без наддува воздуха. Однако самой важной и трудной задачей на этом пути является возобновление научной школы в области пенного пожаротушения во ВНИИПО, которая, к сожалению, в настоящее время потеряна.

3.5 Обзор пенообразователей, классификация и правила применения

Эффективным методом при пожаротушении будет использование пенообразователя. Ведь пенообразователь – это вещество, которое при смешивании с водой в нужных отношениях образует рабочие растворы, которые способны производить пену при применении надлежащего оснащения, а также растворы – смачивающие.

В состав пенообразователя входят:

- Поверхностно – активные вещества;
- Специальные добавки.
- Пеной, которая образуется из рабочих растворов пенообразователя

можно тушить:

- Горючие жидкости;
- Твердые горючие материалы.

Запрещается тушить пеной:

-Электрическое оборудование, которое находится под силой напряжения.

Пенообразователи для тушения пожара в зависимости от состава химического делятся:

- На синтетические;
- Фторсинтетические;
- Фторпротеиновые;
- Протеиновые.

Пенообразователи для тушения пожара в зависимости от свойств объекта подразделяют на два классификационных вида:

- Общего назначения;
- Специального назначения.

Выбирая пенообразователь, следует в первую очередь обратить внимание на характер пожарной опасности определенного объекта. Если он не имеет большое количество горючих жидкостей, например, вместилище для сохране-

ния нефти, а также нефтяных продуктов, то в большей степени будут эффективны пенообразователи общего назначения. Такие пенообразователи подойдут для изготовления смачивающих растворов. Как правило, цена на пенообразователи зависит от состава и качества данного продукта, но в конечном итоге пенообразователь можно купить по оптимальным ценам.

Возможно при хранении или же в условиях использования – это при тушении пожара, смешивать биологические пенообразователи в пределах своего класса:

- Синтетические – углеводородные, целевого назначения;
- Синтетические – углеводородные, общего назначения;
- Для применения с водой морской;
- Для применения при невысоких температурах;
- С увеличенными огнетушащими способностями;
- Для тушения пеной большой кратности.

Чтобы обеспечить наибольшую эффективность использования пенообразователей необходимо придерживаться условий их транспортирования и сохранения, обеспечив безупречную устойчивость показателей качества. Оценка качества пенообразователя происходит после завершения гарантийного срока его хранения или же через двенадцать месяцев в случае, когда нарушены условия хранения, а после через каждые полгода.

3.6 Виды пенообразователей для тушения пожаров

Пенообразователи для тушения пожаров по совокупности показателей назначения подразделяются на классификационные группы в зависимости от применения (согласно ГОСТ Р 50588):

- Пенообразователи синтетические углеводородные общего назначения;
- Пенообразователи целевого назначения;

-Для использования на морской воде, для использования при низких температурах, с повышенной огнетушащей способностью, для тушения пеной высокой кратности и т.д.);

-Синтетические фторсодержащие пленкообразующие целевого назначения;

-Синтетические фторсодержащие пленкообразующие целевого назначения для тушения водорастворимых (полярных) горючих жидкостей;

-Протеиновые (в том числе фторсодержащие).

Пенообразователи синтетические углеводородные общего назначения ПО-6ОСТ (ТЭАС, ПО-6 ТС и т.д.) используются для получения огнетушащей пены и растворов смачивателей. Данные пенообразователи получили наиболее широкое применение благодаря относительно низкой стоимости и доступности сырья, а также отработанной технологии их изготовления. По огнетушащей эффективности они уступают пенообразователям целевым. Пенообразователи содержат анионные углеводородные ПАВ с добавлением ингибитора коррозии.

Пенообразователи синтетические углеводородные целевого назначения используются для получения пены при тушении нефтепродуктов и горючих жидкостей различных классов, наиболее пожароопасных объектов, а также для применения с морской водой, для использования при низких температурах, обладающие повышенной огнетушащей способностью, для тушения пеной высокой кратности и т.д. Пенообразователи содержат смесь углеводородных ПАВ со стабилизирующими добавками. Пенообразователи синтетические фторсодержащие пленкообразующие целевого назначения используются для получения пены при тушении нефтепродуктов и горючих жидкостей различных классов, наиболее пожароопасных объектов. Все пенообразователи синтетические фторсодержащие пленкообразующие целевого назначения отличаются повышенной огнетушащей эффективностью. Пенообразователи состоят из смеси углеводородных и фторсодержащих ПАВ.

Пенообразователи протеиновые (в том числе фторсодержащие). Используются для получения пены при тушении нефтепродуктов и других го-

рючих жидкостей, наиболее пожароопасных объектов. Все пенообразователи протеиновые отличаются повышенной огнетушащей эффективностью. Для тушения полярных горючих жидкостей пенообразователи содержат смеси протеинов, фторсодержащих и углеводородных ПАВ и дополнительно добавки полимерных соединений.

Почти все выпускаемые в России пенообразователи, содержащие фтор-ПАВ, изготавливаются на зарубежном сырье. Экологические вопросы с применением фторсодержащих пенообразователей (их токсичность, канцерогенность), поставленных в США и европейских странах, требуют решения и в России. Все фторированные поверхностно-активные вещества, входящие в состав пенообразователей, биологически не разлагаемые продукты, которые, попадая в почву и водоемы, способны вызвать экологические проблемы. В тоже время нельзя полностью отказаться от применения высокоэффективных фторированных пенообразователей. Пенообразователи следует оставить для применения в ограниченном количестве на тех объектах, где нельзя без них обойтись. В случае пожара израсходованный пенообразователь должен быть собран и отправлен на завод для переработки или на полигон химических отходов.

Все пенообразователи транспортируют в железнодорожных цистернах, оборудованных универсальным сливным прибором, а также в металлических бочках и емкостях из полимерных материалов в крытых цельнометаллических вагонах или автомобильным транспортом. Пенообразователи целевого назначения синтетические фторсодержащие перевозят в емкостях из полимерных материалов, нержавеющей стали, стекла, а также в металлических бочках с полимерным покрытием. При перевозке железнодорожным транспортом в зимний период рекомендуется использовать цистерны, оснащенные системой пароподогрева. При транспортировке пенообразователей в стеклянной таре необходимо исключить возможность их замерзания. Оптимальной температурой отогрева, замерзшего в любой таре пенообразователя, является плюс 20 – плюс 30°С. Все пенообразователи при неоднократном замерзании и последующем постепенном оттаивании не теряют своих первоначальных свойств. Поступивший

замерзший пенообразователь необходимо разморозить, не допуская при этом его разбавления и разложения, затем перемешать и после этого производить разгрузку. Для разогрева пенообразователя можно использовать паровой змеевик с отводом конденсата за пределы цистерны, при этом температура пенообразователя в цистерне не должна превышать 60°C. Тара, предназначенная для транспортирования и хранения пенообразователей, должна быть чистой, без следов нефтепродуктов и химических реактивов степень заполнения тары должна быть не более 95 % объема. После заполнения тара с пенообразователем должна быть герметично закрыта и опломбирована.

3.7 Разновидности современных синтетических пенообразователей

Синтетические пенообразователи, исходя из состава и назначения, можно разделить на отдельные группы:

- Плёнкообразующие пенообразователи;
- Углеводородные пенообразователи;
- Протеиновые пенообразователи;
- Фторсодержащие пенообразователи;
- Фторсодержащие протеиновые пенообразователи.
- Синтетические плёнкообразующие пенообразователи

При ликвидации пожара данным составом образуется особая плёнка на воспламенившейся поверхности, которая будет препятствовать горению. В своей основе данный состав имеет фторуглеродные вещества. Эти пенообразователи, в сравнении с углеводородными, могут лучше справляться с пожаром любого уровня сложности и возникающего на любых поверхностях.

- Синтетические углеводородные пенообразователи

В составе этого типа в основном находятся поверхностно-активные углеводородные вещества, которые имеют особое синтетическое происхождение. Также их делят на пенообразователи:

- Общего назначения.

Такие вещества применяют лишь для ликвидации пожаров, где происходит возгорание твёрдых и жидких (могут быть и продукты нефтепереработки) типов веществ;

-Целевого типа назначения.

Данный тип используют для устранения пожара, соответствующего техническим параметрам употребления данного типа пенообразователя.

-Пенообразователи протеиновые

Данный тип пенообразователей состоит из активно-поверхностных веществ, которые получаются при гидролизе разнообразных белковых соединений. Состав протеиновых веществ, как правило, применяется для устранения горящих нефтепродуктов, а также других жидких горючих веществ.

-Синтетические фторсодержащие пенообразователи

Этот тип пенообразователей в основном состоит из фтора и его производных. Составы такого рода используют для устранения жидких горючих горящих веществ.

-Фторсодержащие протеиновые пенообразователи

Данный тип пенообразователя в основном состоит из добавок с содержанием фтора, благодаря которым и совершается процесс пенообразования. Протеиновые пенообразователи с фторсодержащими добавками обладают высокой способностью тушения пожаров разнообразных материалов. Такого типа вещества активно применяют для ликвидации возгораний, которые возникли на объектах, больше всего подверженных пожару.

3.8 Правила хранения и эксплуатации пенообразователей для пожаротушения

Пенообразователи могут образовывать пену низкой (не более 20), средней (21-200) и высокой (более 200) кратности. Пенообразующие и огнетушащие свойства пенообразователей в значительной мере зависят от жесткости воды (наличия солей кальция и магния), используемой для получения рабочих растворов. С увеличением жесткости воды снижаются пенообразующие и огнету-

шащие свойства пенообразователей. Сохранение этих свойств возможно за счет увеличения концентрации рабочих растворов. Использование морской воды и воды с повышенной жесткостью, для получения пены из пенообразователей общего назначения для целей пожаротушения, запрещено. Возможность использования оборотной воды предприятий для получения рабочих растворов пенообразователей необходимо определить заранее в каждом конкретном случае. Вода для приготовления раствора не должна содержать примесей нефти и нефтепродуктов. Рабочие растворы пенообразователей предварительно готовят в предназначенной для этого емкости, например, в цистерне пожарной автомашины, либо получают с помощью пеносмесителей и дозирующих устройств. Пену средней кратности получают с помощью генераторов типа ГПС. Допускается использование пеногенераторов других конструкций, прошедших испытания и рекомендованных к применению в установленном порядке. Для получения пены низкой кратности применяются стволы, генераторы, пенные оросители. Пена высокой кратности получается при помощи пеногенератора с наддувом воздуха эжекционного типа. При использовании пенообразователей синтетических углеводородных общего назначения основным средством тушения жидких нефтепродуктов является пена средней кратности. Пена низкой кратности менее эффективна (в 2-4 раза), особенно при тушении жидкостей с низкой температурой кипения. Пену средней кратности можно использовать не только для поверхностного, но и для объемного тушения пожаров в небольших по объему помещениях. Для объемного тушения используется также пена высокой кратности. из пенообразователей этого класса используется при тушении пламени высококипящих жидких нефтепродуктов, твердых горючих материалов, а также для охлаждения, горящего и соседнего с ним оборудования.

Нормативная интенсивность подачи пены средней кратности при тушении зависит от типа пенообразователя и вида горючей жидкости. Пенообразователи синтетические углеводородные целевого назначения (для использования на морской воде, для использования при низких температурах, с

повышенной огнетушащей способностью, для тушения пеной высокой кратности и т. д.); фторсодержащие пленкообразующие пенообразователи целевого назначения данные пенообразователи целесообразно использовать в соответствии с назначением, указанным в технических условиях. Некоторые пенообразователи имеют повышенную огнетушащую способность и применяются при тушении нефтепродуктов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и пожароопасных объектов. Данные пенообразователи эффективны при объемном тушении; могут применяться при тушении водорастворимых органических жидкостей с учетом их предварительного разбавления водой или рабочим раствором.

3.9 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Предприятия хранения и переработки нефти являются мощными источниками загрязнений окружающей среды, отравляющими одновременно атмосферу, водный бассейн и почву. Но наибольший объем вредных выбросов имеет место не в момент добыче и переработке нефти, а при сжигании топлива на основе нефти как тепловыми электростанциями (котельное топливо), так и на транспорте (моторное топливо), а также при пожарах на на этих предприятиях. Соотношение объемов вредных выбросов, поступающих в атмосферу, свидетельствует о весьма значительном влиянии нефти и нефтепродуктов на состояние окружающей среды. При сгорании нефтепродуктов образуются все основные загрязнители атмосферы. Основными компонентами загрязнения воздушной среды выбросами резервуарных парков являются углеводороды, оксид углерода, оксиды серы, азота и все взвешенные вещества. Самое серьезное загрязнение почвы, водного и воздушного бассейнов происходит при разливе нефти и нефтепродуктов в случае разрушения технологического оборудования.

RETROFILM и его воздействие на окружающую среду:

Основная цель пены, используемой для тушения пожара, спасению людей и сохранению материальных ценностей. Благодаря своей эффективности, пена,

используемая в целях уменьшения вреда, который может быть нанесен окружающей среде в случае крупных пожаров. Это действие необходимо рассмотреть наиболее пены среды, вне зависимости от цели использования (или тушения тесты).

При оценке воздействия пены на окружающую среду учитываются два фактора:

- токсичность для человека и животных;
- биологические самоуничтожения. «Петрофилм-РНН» типа FFFP, Пленкообразующие фторпротеиновые (FFFP): Petroseal Leaflet, Petroseal 3 %, Petroseal 6 %.

3.10 Экономическая оценка вариантов тушения пожаров

Материальный ущерб от пожаров определяется величиной прямых фактических потерь, связанных с уничтожением основных фондов, строений и другого имущества, принадлежащего организации или гражданам.

-Прямой ущерб от пожара если он потушен в течение нормативного времени:

$$Y_{\Pi} = Y_{OC} + Y_{OB}, \quad (3.1)$$

$$Y_{\Pi} = 15000000 + 3167100 = 18167100 \text{ руб}$$

где Y_{OC} - прямой ущерб от пожара по основным средствам (убытки, понесенные предприятием связанные с разрушением резервуара в результате пожара), руб.; (для упрощения расчета принята сметная стоимость резервуара РВС - 10000) -15000000 руб. (в ценах 2016г.).

Y_{OB} - прямой ущерб от пожара по оборотным средствам (убытки, понесенные предприятием связанные с выгоранием нефтепродукта за время пожара), руб.:

$$Y_{OB} = V_{у.н.п.} \cdot C_{н.п.}, \quad (3.2)$$

$$Y_{OB} = 137700 * 21,44 = 2\,952\,288 \text{ руб.}$$

где $C_{н.п.}$ - стоимость единицы нефтепродукта, руб. (средняя стоимость 1 барреля нефти на 01 декабря 2016 года 47,89 долларов США, а 1 доллар США равен 64,32 рублям, значит: 1л нефти \approx 21,44 руб.);

$V_{у.н.п.}$ - объем нефтепродукта, уничтоженного за время тушения пожара, л:

$$V_{у.н.п.} = \frac{v}{60} \cdot \tau_{ликв} \cdot S_{п}, \quad (3.3)$$

$$V_{у.н.п.} = \frac{0,15}{60} \cdot 60 \cdot 918 = 137700 \text{ л} = 137,7 \text{ м}^3$$

где v - линейная скорость выгорания нефтепродукта, (для нефти - 0,15 м/ч);

$\tau_{ликв}$ - время тушения пожара, мин;

$\tau_{соср.сиС}$ - время сосредоточения требуемого количества сил и средств для тушения пожара (согласно расписания вызову пожара №3), 30 мин.;

$\tau_{туш}$ - время тушения (нормативное), время пенной атаки 15 мин.

$$\tau_{ликв} = \tau_{соср.сиС} + \tau_{туш}, \quad (3.4)$$

$$\tau_{ликв} = 30 + 15 + 15 = 60 \text{ мин}$$

Стоимость нефтепродукта, спасенного в результате действий по тушению пожара:

$$C_{сп.н.п.} = V_{сп.н.п.} \cdot C_{н.п.}, \quad (3.5)$$

$$C_{сп.н.п.} = 8029300 \cdot 19,97 = 160\,345\,121 \text{ руб.}$$

где $V_{сп.н.п.}$ - объем нефтепродукта спасенного в результате действий по тушению пожара, л;

$$V_{сп.н.п.} = V_{рез} - V_{у.н.п.}, \quad (3.6)$$

$$V_{сп.н.п.} = 8167000 - 137700 = 8029300 \text{ руб}$$

где $V_{рез}$ - объем нефтепродукта в резервуаре на момент начала пожара, м^3 ;

h - высота разлива нефтепродукта, м:

$$V_{рез} = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 17^2 \cdot 9 = 8167 \text{ м}^3, \quad (3.7)$$

- Экономическая эффективность способов тушения пожара:

Вопросы экономической оценки инженерно - технических решений, обеспечивающих пожарную безопасность объектов, в условиях рыночных отношений приобретает особое значение.

Для расчета экономического эффекта рассмотрены два варианта тушения пожара в резервуаре №390 с нефтью:

Вариант № 1- пеной средней кратности на основе пенообразователя марки ПО-6 НП;

Вариант №2 - пеной низкой кратности на основе фторпротеинового с пленкообразующими свойствами, пенообразователя ««PETROFILM»».

Стоимость пенообразователя ПО-6НП при тушении пожара по варианту № 1:

$$C_{\text{ПО-6НП}} = W_{\text{ПО-6НП}} \cdot C_{\text{ед.ПО-6НП}} \quad (3.8)$$

$$C_{\text{ПО-6НП}} = 59 \cdot 75000 = 4425000$$

где $W_{\text{ПО-6НП}}$ - требуемое количество пенообразователя при тушении пожара по варианту №1 и составляет 58320 литров ПО-6НП, принимаем как 59 тонн;

$C_{\text{ед.ПО-6НП}}$ - стоимость единицы пенообразователя ПО-6НП, - 75000 руб. / т.

Стоимость фторпротеинового с пленкообразующими свойствами, пенообразователя «PETROFILM», при тушении пожара по варианту № 2:

$$C_{\text{PETROFILM}} = W_{\text{PETROFILM}} \cdot C_{\text{ед.PETROFILM}}, \quad (3.9)$$

$$C_{\text{PETROFILM}} = 54 \cdot 130000 = 7020000 \text{ руб.}$$

где $W_{\text{PETROFILM}}$ - требуемое количество пенообразователя при тушении пожара по варианту №2 и составляет 53460 литров пенообразователя «PETROFILM», принимаем 54 тонны;

$C_{\text{ед.PETROFILM}}$ - стоимость единицы пенообразователя «PETROFILM» - 130000 руб./т.

Экономический эффект:

$$\Delta = Z_1 - Z_2, \quad (3.10)$$

где Z_2 - затраты на тушение пожара, руб./пож. вариант -2 («PETROFILM»);

Z_1 - затраты на тушение пожара, руб./пож. вариант -1 (ПО-6НП).

$$Z = C_A + C_{кр} + C_{ТО} + C_{ТОП} + C_{СМ} + C_{ОС}, \quad (3.11)$$

где C_A – амортизационные отчисления, руб./пож;

$C_{кр}$ - затраты на капитальный ремонт, руб./пож;

$C_{ТО}$ - затраты на техническое обслуживание, руб./пож;

$C_{ТОП}$ -затраты на топливо;

$C_{СМ}$ -затраты на смазочные материалы;

$C_{ОС} = C_{ПО}$ - затраты на огнетушащие средства, руб./пож.

В нашем случае мы рассматриваем экономический эффект от использования пенообразователя марки ПО-6НП и фторпротеинового с пленкообразующими свойствами, пенообразователя «PETROFILM». Показать целесообразность использования (применения) того или иного варианта тушения пожара можно на основе показателя $C_{ОС}$, так как, во первых, он является наиболее весомым и во вторых, другие показатели (C_A – амортизационные отчисления, руб./пож; $C_{кр}$ - затраты на капитальный ремонт, руб./пож; $C_{ТО}$ - затраты на техническое обслуживание, руб./пож; $C_{ТОП}$ -затраты на топливо; $C_{СМ}$ -затраты на смазочные материалы; $C_{ОС} = C_{ПО}$ - затраты на огнетушащие средства, руб./пож.) при тушении пожара способом как в первом варианте, так и способом во втором варианте будут практически одинаковы.

Тогда:

$$Z = C_{ОС}, \quad (3.12)$$

$$C_{ОС/ВАР1} = C_{ПОВАР1} = 4425000 \text{ руб.}$$

$$C_{ОС/ВАР2} = C_{ПОВАР2} = 7020000 \text{ руб.}$$

$$\Delta = 7020000 - 4425000 = 2595000 \text{ руб.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пожары в резервуарах и резервуарных парках, как правило, наносят большой материальный ущерб, требуют привлечения и применения большого количества сил и средств подразделений пожарной охраны, запаса огнетушащих веществ.

В диссертации произведен анализ пожаров в резервуарах и резервуарных парках.

В диссертации описана тактика тушения РВС-100000 с нефтью обычным способом, путем подачи пены средней кратности на открытую площадь зеркала резервуара и тактика тушения РВС-10000 с нефтью при помощи передвижной пожарной техники с использованием водопенных стволов (мониторов) отечественного производства ЛС-П, с применением фторпротеинового с пленкообразующими свойствами пенообразователя «PETROFILM». Произведены расчеты сил и средств по вариантам «Тушение пожара в резервуаре РВС-10000 пеной средней кратности», «Тушение пожара в резервуаре РВС-10000 водопенными стволами с использованием низкократной пены «PETROFILM»», «Тушение пожара в резервуаре и обваловании».

Проведена экономическая оценка по использованию на тушение пожара в РВС-10000 пенообразователей двух марок:

ПО-6НП- пенообразователь общего применения;

фторпротеинового с пленкообразующими свойствами, пенообразователя «PETROFILM».

При расчете экономического эффекта рассмотрены два варианта тушения пожара в резервуаре №390 с нефтью:

пеной средней кратности на основе пенообразователя марки ПО-6НП;

пеной низкой кратности на основе фторпротеинового с пленкообразующими свойствами, пенообразователя «PETROFILM»;

В результате расчетов показано, что применение первого варианта тушения пожара экономически предпочтительно.

Принимая во внимание то, что сравниваемые пенообразователи имеют различный гарантийный срок хранения, произведем расчет экономического эффекта: пенообразователя марки ПО-6НП - 1 год (1-1,5 года), пенообразователя «PETROFILM» - 16 лет (16-20 лет). Поэтому произведем расчет затрат на приобретение и хранение необходимого количества пенообразователя на 16 лет:

Пенообразователя «PETROFILM» - потребуются однократные затраты на приобретение:

$$C_{OC}^{PETROFILM} = 7\,020\,000 \text{ руб.} \quad (3.13)$$

Пенообразователя марки ПО-6НП - потребуется произвести 16 закупок:

$$C_{OC}^{ПО-6НП} = 16 * 4\,425\,000 = 70\,800\,000 \text{ руб.} \quad (3.14)$$

где: 16 - количество закупок;

$$\mathcal{E} = 70\,800\,000 - 7\,020\,000 = 63\,780\,000 \text{ руб.} \quad (3.15)$$

Вывод: Из произведенных расчетов следует, что затраты на тушение пожара несопоставимо малы по сравнению со стоимостью материальных ценностей, спасаемых во время пожара даже в одном резервуаре с нефтью. В случае пожара в группе резервуаров соотношение затрат на тушение и стоимостью спасаемых материальных ценностей увеличивается. Тушение пожара экономически выгоднее производить пенообразователем марки ПО-6НП, но с учетом гарантийных сроков хранения более выгодным является фторпротеиновый с пленкообразующими свойствами, пенообразователь «PETROFILM». При этом необходимо учесть, что стоимость пенообразователя ПО - 6НП ежегодно увеличивается на 10 - 15%, это обстоятельство будет способствовать увеличению затрат, понесенных предприятием в течение 16 лет гарантийного хранения пленкообразующего пенообразователя. Вместе с тем при тушении пожара с применением водопенных мониторов снижается риск поражения опасными факторами пожара участников тушения и пожарной техники. В случае тушения пожара при помощи пеноподъемника его установку необходимо будет произ-

водить внутри обвалования, горящего резервуара, что увеличивает величину риска для участников тушения пожара.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Баратов А. Н. Пожарная безопасность: учеб. пособие / А.Н. Баратов, В.А. Пчелинцев. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006г.-345с.;
- 2 Собурь С.В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: учеб. пособие / С.В. Собурь. - 15-е изд. с изм. – М.: Издательский дом Калан, 2009г.-419с.;
- 3 Федеральный закон №123 от 22.08.2008г. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности /– М.; Проспект, 2013г.- 112с.;
- 4 Федеральный закон № 69 от 21.12.1994г. О пожарной безопасности в РФ /- М.: Проспект, 2010г.- 70с.;
- 5 Алексеев М.В. Основы пожарной безопасности: учеб. пособие / М.В. Алексеев – М.: Высш. шк., 1971г. – 245с.;
- 6 ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание: общие требования и правила составления / Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — М.: Изд-во стандартов, 2005. - с. 39 - 109.
- 7 Приказ МЧС № 390 от 25.04.2012г. Правила противопожарного режима / - М.: Проспект, 2015г.- 54с.;
- 8 Приказ МЧС РФ №156 от 31 марта 2011 г. Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны /- М.: Проспект, 2014г.- 176с.;
- 9 Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23.12.2014 г. N 1100н Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы /- М. : Проспект, 2016г.- 244с.;
- 10 Челноков А.А. Охрана труда: учеб. пособие / А.А.Челноков, И.Н. Жмыхов, В.Н. Цап - 2-е изд. с испр. и доп. - Минск: Высш. шк., 2013г. – 457с.;
- 11 Иванников В.П., Справочник руководителя тушения пожара: учеб. пособие / В.П. Иванников,- М.: Стройиздат., 1987г. - 228с.;

- 12 Попов А. А. Производственная безопасность: учеб. пособие / А. А. Попов - 2-е изд. с испр. - СПб : Лань, 2013г.- 178с.;
- 13 Матюшин А.В. Методические рекомендации по тактике применения водопенных мониторов при тушении пожаров: учеб. пособие / А.В. Матюшин - М.: ВНИИПО, 2015г. – 39с.;
- 14 Шароварников А.Ф. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов: учеб. пособие / А.Ф. Шароварников, В.П. Молчанов, С.С. Воевода - М.: Издательский дом Калан, 2002г. – 448с.;
- 15 Безродный И.О. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках: учеб. пособие / И.О. Безродный [и др]. - М.: ГУГПС – ВНИИПО - МИПБ, 1999г. – 253с.;
- 16 Башкирцев М.П. Основы пожарной теплофизики: учеб. пособие / М.П. Башкирцев [и др]. - М.: Стройиздат. 1984г. - 200с;
- 17 Промышленная безопасность опасных производственных объектов // Сборник нормативных документов – Ект: Издательский дом УралЮрИздат, 2007г. – 464с.;
- 18 Сучков В.П. Пожарная безопасность при хранении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на промышленных предприятиях / В.П. Сучков. – М.: Стройиздат, 1985г - 97 с.;
- 19 Терещнев В.В. Пожарная тактика. Основы тушения пожара: учеб. пособие / В.В. Терещнев, А.В. Подгрушный. – 2-е изд. - М., Издательский дом Калан, 2010г. - 512с.;
- 20 Проценко А.Н. Обеспечение пожарной безопасности предприятия: учеб. пособие / А.Н. Проценко: Мин-во РФ по делам гражд. об., чрезвыч. ситуац. и ликвид. послед. стих. бедствий ; ИРБ. – М.: Ин-т риска и безопасности, 2003г. – 367с.;
- 21 Предприятие по переработке нефти ОАО Орскнефтеоргсинтез [Электронный ресурс]: // [сайт]. – Режим доступа: <http://www.omprz.ru/>;

- 22 Статистика пожаров в нефтяной промышленности России [Электронный ресурс]: // [сайт]. – Режим доступа: http://ros-pipe.ru/clauses/statistika_pozharov_na_neftebazakh/;
- 23 Статистика пожаров в мире с начала 21 века, Международной Ассоциации Пожарно-спасательных служб СТИФ [Электронный ресурс]: // [сайт]. - Режим доступа: <http://stat/ctif/2006.pdf/>;
- 24 Материалы первой интернет-конференции по пожарной тактике [Электронный ресурс]: // [сайт]. – Режим доступа: <http://fireconf.ru/проблемы-тушения-рвс/>;
- 25 Технические характеристики водопенных стволов ЛС-ПУ [Электронный ресурс]: // [сайт]. – Режим доступа: <http://mchs.gov/document/219076/>;
- 26 Технический паспорт пенообразователя «PETROFILM» [Электронный ресурс]: // [сайт]. – Режим доступа: <http://ivpena.ru/petrofilm.html/>;
- 27 Афанасьев С.В. Пожарная безопасность технологических процессов: учеб. пособие / С.В. Афанасьев. - Самара: СНЦ РАН, 2015г. - 521 с.;
- 28 Горина Л.Н. Обеспечение пожарной безопасности на производстве: учеб. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина ; ТГУ. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: 2007г. - 160 с.;
- 29 Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А.Г. Егоров, [и др.] – Тольятти: 2012г. - 135с.;
- 30 Безопасность труда при операциях с нефтепродуктами /. – М.: Информатех, 1999. - 13 с. - (Рекомендации по безопасности труда). - Библиогр.: с. 10. - Прил.: с. 11-12.
- 31 Шароварников А.Ф. Пенообразователи и пены для тушения пожаров: Состав. Свойства. Применение: учеб. пособие / А.Ф. Шароварников, С.А. Шароварников. - М.: Издательский дом Калан, 2005г. - 335с.;
- 32 Коробкин В.И. Экология и охрана окружающей среды: Учебник / В.И. Коробкин Л.В. Передельский. - М.: КноРус, 2013г. - 336 с.

- 33 Повзик Я.С. Пожарная тактика: учеб. пособие / Я.С. Повзик, М.М. Верзилин, - М.: ЗАО Спецтехника НПО, 2007г. – 546с.;
- 34 Безбородько М.Д. Пожарная техника: учеб. пособие / М.Д. Безбородько, 3-е изд. - М.: кафедра пож. такт. и службы Академии ШПС МЧС России, 2004г.- 500с.