

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

Институт инженерной и экологической безопасности  
(наименование института полностью)

Департамент бакалавриата  
(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность  
(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью  
(направленность (профиль))

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему: Исследование методов тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами (на примере ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук).

Студент

А.С. Филиппов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

к.т.н., доцент, А.В. Щипанов

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

Тольятти 2020

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Перечень сокращений и обозначений.....   | 4  |
| Введение.....  | 5  |
| 1 Анализ методов тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли.....   | 11 |
| 1.1 Анализ пожаров в резервуарных парках хранения нефтепродуктов на территории Российской Федерации.....   | 11 |
| 1.2 Нормативно-правовое обеспечение тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами .....  | 17 |
| 1.3 Современное состояние разработки методов тушения резервуаров хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей .....  | 18 |
| 2 Выбор и реализация наиболее эффективного метода тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли для АО «Оренбургнефть».....                           | 22 |
| 2.1 Критерии оценки методов тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли .....   | 21 |
| 2.2 Территориальные, конструктивные особенности и оперативно-тактическая характеристика резервуарного парка АО «Оренбургнефть»... ..   | 26 |
| 2.3 Оценка и расчет пожарных рисков в резервуарном парке .....   | 36 |
| 2.4 Расчет сил и средств, необходимых для тушения пожаров в резервуарном парке АО «Оренбургнефть» .....  | 50 |
| 2.5 Выбор наиболее эффективного метода тушения пожаров в резервуарном парке АО «Оренбургнефть».....  | 61 |
| 3 Опытно-экспериментальная апробация методов тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли на примере ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук ..... | 65 |
| 3.1 Разработка мероприятий по организации тушения пожаров в резервуарном парке ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук.....  | 65 |
| 3.2 Экономическое обоснование разработанных решений .....  | 70 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.1 Оценка возможных потерь.....   | 73 |
| 3.2.2 Стоимость систем и средств пожаротушения.....  | 74 |
| 3.2.3 Оценка стоимость проектной деятельности по разработке планов<br>тушения пожаров..... | 75 |
| 3.2.4 Расчёт показателей экономической эффективности<br>проекта.....                       | 75 |
| Заключение .....   | 78 |
| Список используемых источников.....  | 79 |
| Приложение А Генеральный план.....   | 84 |
| Приложение Б Резервуар РВС-5000.....   | 85 |
| Приложение В Схема расстановки сил и средств.....  | 86 |

## Перечень сокращений и обозначений

АВР – аварийно-восстановительные работы

АСР – аварийно-спасательные работы

АУП – автоматическая установка пожаротушения

ГЖ – горючие жидкости

ГСМ – горючие смазочные материалы

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

МЧС России – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

НПС – нефтеперекачивающая станция

НТД – нормативно-техническая документация

ОП – оперативный план

ОПО – Опасный производственный объект

ПДЗ – противодымная защита

ПЗ – противопожарная защита

ПЧ – пожарная часть

РД – руководящий документ

РНУ – районное нефтепроводное управление

РТП – руководитель тушения пожара

СИЗ – средства индивидуальной защиты

СП – свод правил

СПТ – служба пожаротушения

УТЗ – учебно-тренировочное занятие

ФПС – Федеральная противопожарная служба

## Введение

### **Актуальность и научная значимость настоящего исследования.**

На сегодняшний день проблема большого количества пожаров как в нашей стране, так и в других государствах, стоит наиболее остро. В связи с этим имеется острая необходимость в кардинальном пересмотре действующих норм и правил, которые разработаны и введены в действие с целью обеспечения максимального уровня пожарной безопасности различных зданий, сооружений, а также людей, которые в них находятся. При формировании свода правил и стандартов относительно пожарной безопасности необходимо учитывать целый комплекс показателей, среди которых материал отделки помещений, класс пожароопасности оборудования, проводимые работы и т.д.

Под пожаром подразумевается неконтролируемое распространение огня, в результате которого имеют место ущерб здоровью и жизни людей, а также материальные потери.

В процессе неконтролируемого распространения огня имеет место высокая вероятность человеческих жертв. Как правило крупные пожары становятся причинами определенного количества человеческих жертв. В процессе распространения пожара наиболее опасным поражающим фактором является дым. Из-за токсического действия продуктов горения при пожарах гибнут 71,2% от общего числа жертв.

Оперативность локализации и дальнейшей ликвидации очагов пожаров определяется грамотностью и четкостью организации аварийно - спасательных работ. Также определяющим фактором является согласованность действий пожарных расчетов и спасательных бригад. Для обеспечения выполнения этих условий осуществляется разработка и введение в действие документов, которые регламентируют предварительное планирование действий в процессе ликвидации возможных аварий и пожаров. Также в этих документах содержится последовательность

проведения мероприятий, направленных на обеспечение безопасности и защиты людей и окружающей среды от влияния отрицательных техногенных и опасных природных факторов.

В данной работе приводится анализ имеющихся в эксплуатации резервуаров. Также подробным образом планируется проанализировать применяющиеся на сегодняшний день способы тушения резервуаров и их содержимого с применением различных веществ. В процессе написания работы предполагается изучить основные недостатки имеющихся способов тушения возгораний в резервуарах.

В случае ликвидации и тушения очагов возгорания с применением пенных растворов необходимо проведение трудоемких подготовительных работ. Эти работы заключаются в подготовке пенной атаки. Анализ эксплуатирующихся резервуаров показал, что не все склады и резервуарные парки оборудованы пеноподъемниками, которые предназначены для подачи пены. Также большинство эксплуатирующихся в настоящее время стационарных пеногенераторов не имеют защиты от воздействия высоких температур. Пеноподъемные устройства, которые стоят на вооружении пожарных частей, не обладают требуемыми техническими характеристиками, что является причиной непригодности их для тушения пожаров в эксплуатирующихся резервуарах. Большинство пеноподъемников не способны доставить пену к местам возгораний.

На сегодняшний день ведется активная работа по поиску новых способов тушения пожаров и по разработке новых огнетушащих средств.

В случае разработки и внедрения бесконтактных систем и способов тушения возгораний удастся достичь минимизации случаев негативного воздействия экологических и экономических последствий, а также увеличить степень эффективности тушения пожаров.

**Объект исследования:** резервуарный парк с нефтепродуктами Покровского месторождения.

**Предмет исследования:** методы тушения пожаров с нефтепродуктами в резервуарах и резервуарных парках.

**Целью исследования является анализ имеющихся и проектирование новых эффективных способов локализации и ликвидации возгораний нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках.**

**Основной гипотезой исследования является предположение о том, что при внедрении последних достижений в области тушения пожаров и при использовании комплекса инновационных технических систем тушения достигается значительный рост эффективности пожаротушения в резервуарных парках.**

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

- произвести анализ пожаров в резервуарных парках хранения нефтепродуктов на территории Российской Федерации;
- исследовать нормативно-правовое обеспечение тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами;
- исследовать современное состояние разработки методов тушения резервуаров хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;
- исследовать критерии оценки методов тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли;
- произвести исследование территориальных, конструктивных особенности и оперативно - тактической характеристики резервуарного парка АО «Оренбургнефть»;
- произвести оценку и расчет пожарных рисков в резервуарном парке;
- произвести расчет сил и средств, необходимых для тушения пожаров в резервуарном парке АО «Оренбургнефть»;
- произвести выбор наиболее эффективного метода тушения пожаров в резервуарном парке АО «Оренбургнефть»;

- разработать мероприятия по организации тушения пожаров в резервуарном парке;
- привести экономическое обоснование разработанных решений.

**Теоретико-методологическая основа исследования:** тематическая литература как отечественных, так и зарубежных авторов.

**Базовыми для настоящего исследования явились также:** труды иностранных авторов, таких как К. Е. Egress, D. R. Bish, E. Agca, R. Glick и другие.

**Методы исследования:** анализ, сравнение, обобщение.

**Опытно-экспериментальная база** исследования выполнена на базе предприятия АО «Оренбургнефть» охраняемая ООО «РН-Пожарная безопасность»

**Научная новизна исследования:** состоит в разработанной в ходе теоретических и экспериментальных исследований методике тушения пожаров в исследуемом резервуарном парке, а так же методики оценки их эффективности.

**Теоретическая значимость исследования заключается в:**

- формировании авторских разработок, которые указывают на новые способы тушения пожаров в резервуарных парках;
- решения определенных задач организации тушения пожаров в исследуемом резервуарном парке;
- методики оценки эффективности решений по тушению пожаров в резервуарном парке.

**Практическая значимость исследования:** результаты исследования будут применяться в ходе организации пожарной безопасности исследуемого резервуарного парка.

**Достоверность и обоснованность результатов исследования:** результаты исследования опубликованы в статье в рамках Международной научно-практической конференции «Экспериментальные и теоретические



исследования в современной науке» (Россия, г. Новосибирск, 26 февраля 2020 г.).

**Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в** разработке методов тушения пожаров в резервуарных парках, разработке методики оценки эффективности решений по тушению пожаров в резервуарных парках. Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты отражены в технологической документации АО «Оренбургнефть».

**Апробация и внедрение результатов работы** велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались в рамках: I Международной научно-практической конференции «Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке»

**На защиту выносятся:**

- результаты анализ современного состояния проблемы тушения пожаров в резервуарных парках;
- результаты анализа существующего решения по тушению пожаров на исследуемом объекте;
- проектные разработки;
- мероприятий по организации тушения пожаров в резервуарном парке.

**Структура магистерской диссертации.** Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 6 рисунков, 20 таблиц, список использованной литературы (36 источников), 3 приложения. Основной текст работы изложен на 86 страницах.

# 1 Анализ методов тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли

## 1.1 Анализ пожаров в резервуарных парках хранения нефтепродуктов на территории Российской Федерации

Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства. В мире происходящие чрезвычайные ситуации в основном связаны с пожарами. Материальный ущерб от пожара несопоставимо велик по сравнению с другими чрезвычайными ситуациями. Наибольшую опасность представляют аварии на крупных предприятиях, влекущие за собой непоправимый ущерб экологии, экономические потери и безвозвратно потерянные жизни людей [5].

В 2019 году на территории Российской Федерации произошло 132406 пожаров, на которых погибло 7782 человека. Ущерб от пожаров составил 14133642 тысячи рублей [11]. Данные по основным показателям приведены на рисунке 1.

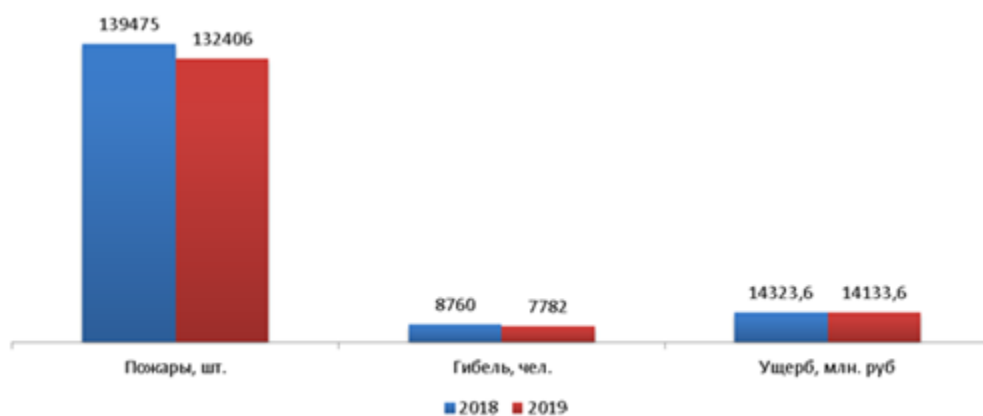


Рисунок 1 – Основные показатели оперативной обстановки с пожарами за 2019 год в сравнении с 2018 годом

Все основные показатели оперативной обстановки с пожарами за 2019 год снизились в сравнении с 2018 годом. Количество пожаров снизилось на

5,07%, гибель – на 12,05%. Прямой материальный ущерб от происшедших пожаров снизился незначительно – на 1,3%.

Динамика оперативной обстановки с пожарами представлена на рисунке 2.

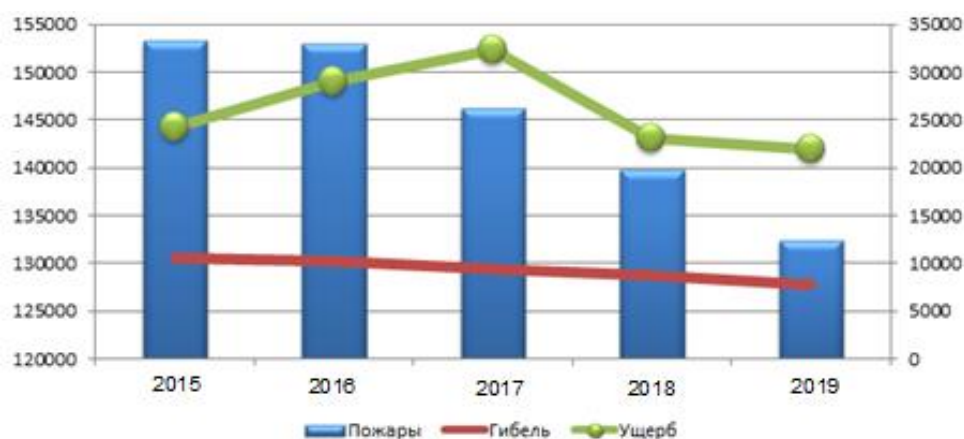


Рисунок 2 – Основные показатели оперативной обстановки с пожарами на территории Российской Федерации за последние 5 лет

Анализ оперативной обстановки с пожарами показывает положительную динамику по всем основным показателям. Несмотря на это имеется тенденция к дальнейшему снижению ущерба от пожаров [7].

В 2018 году на территории Российской Федерации произошло 2795 пожаров на производственных объектах, что на 3,8 % больше, чем в 2019 году (рисунок 3).

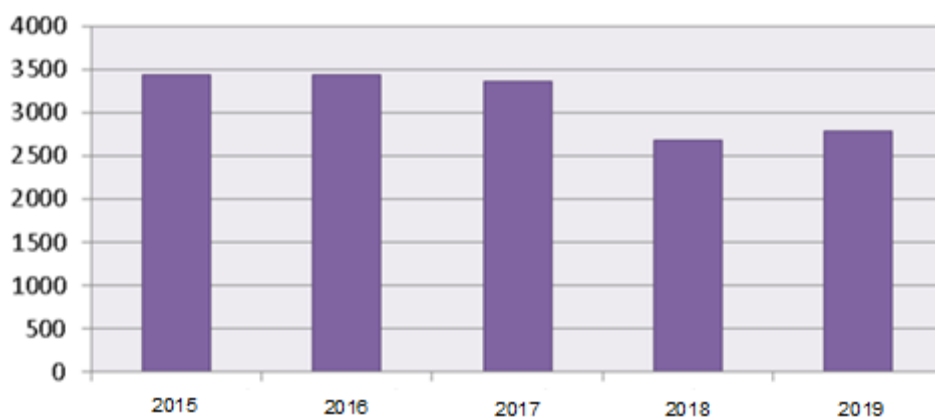
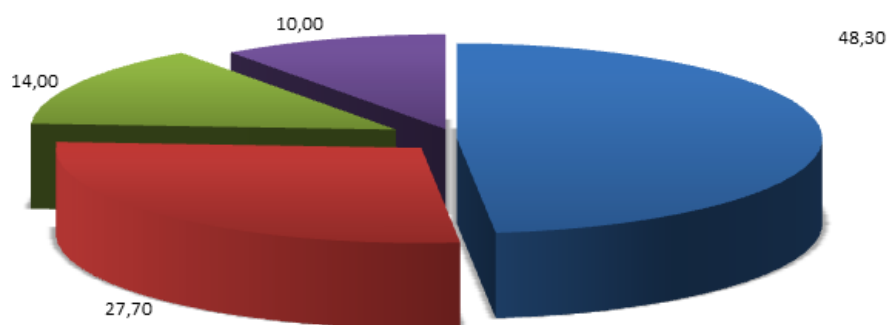


Рисунок 3 - Количество пожаров на производственных объектах РФ

Несмотря на рост данного показателя, в целом наблюдается тенденция к снижению количества пожаров на производственных объектах [26].

Распределение пожаров на объектах добычи, транспорта, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов по местам возникновения приведено на рисунке 4.



Распределительные нефтебазы-48,3%; нефтеперерабатывающие заводы- 27,7 %; нефтепромыслы-14 %; насосные станции нефтепроводов-10%

Рисунок 4 - Места возникновения пожаров:

Основные источники зажигания, от которых возникают пожары в резервуарных парках хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей приведены на рисунке 5 [3].

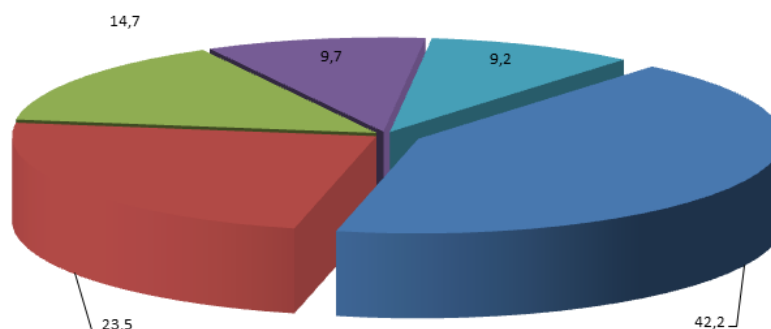


Рисунок 5 - Основные источники зажигания, от которых возникают пожары в резервуарных парках хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Рассмотрим подробно перечень некоторых аварий на объектах хранения нефтепродуктов.

03.01. 1997 г. Орск, НПЗ ПО «Орскнефтеоргсинтез». Взрыв паров керосина с последующим пожаром. При откачке керосина из резервуара РВС-700 внутри резервуара произошел взрыв с частичным отрывом крыши и последующим возгоранием продукта. Причина - ошибка персонала, заключающаяся в нарушении технологического регламента. Продолжительность пожара 1 час. Информация о пострадавших и масштабах ущерба отсутствует.

24.08.1999 ОАО «Удмурт-нефть». Пожар на РВС. Во время огневых работ не был проинструктирован рабочий персонал, не проведен замер ТВС на взрывоопасность, произошел хлопок на верху резервуара с последующим возгоранием. Оставшийся в нефти попутный газ и легкие нефтяные фракции пошли в линию пенотушения и заполнили ее. Применение открытого огня подтолкнуло смесь, загоревшуюся в линии, к месту установки камеры пеногенератора на резервуаре и создало возгорание и взрыв внутри резервуара. Причина - ошибка персонала, заключающаяся в неудовлетворительной подготовке резервуара к огневым работам. Информация о масштабах развития аварии и о размерах максимальных зон действия поражающих факторов отсутствует. Информация о пострадавших отсутствует.

17.12.1999 ООО «Компания Интерпласт». Взрыв паров дизельного топлива в резервуаре. На пункте приема и хранения дизельного топлива через 15 мин после окончания приема дизельного топлива произошел взрыв в резервуаре, в результате которого повреждены крыша резервуара и технические устройства. Причина - ошибка персонала, заключающаяся в нарушении технологического регламента. Информация о масштабах развития аварии и о размерах максимальных зон действия поражающих факторов отсутствует. Информация о пострадавших и ущербе отсутствует.

11.08.2000 Челябинская область, Магнитогорская нефтебаза «Лукойл-нефтепродукт». Пожар в резервуаре. От огня пострадал резервуар в резервуарном парке и полностью сгорела грузовая машина «КамАЗ». Пожар случился в момент чистки резервуара, который неожиданно загорелся, пламя моментально перекинулось на машину. Оперативно - следственная группа установила причину пожара: нарушение технологического регламента. Рабочие во время чистки резервуара завели двигатель машины, что было запрещено делать. Причина - ошибка персонала, заключающаяся в нарушении технологического регламента. Шестеро рабочих, пытавшихся потушить огонь, получили травмы разной степени тяжести.

25.01.2002 Товарно-сырьевая база ОАО «Орскнефтеоргсинтез». Взрыв паров нефтепродукта в резервуаре. При подготовке к ремонту резервуара объемом 5000 м<sup>3</sup> внутри него произошел взрыв. Были повреждены стенки и крыша резервуара. Причина - ошибка персонала, заключающаяся в неудовлетворительной подготовке резервуара к ремонтным работам. Информация о масштабах ущерба и о количестве пострадавших отсутствует.

03.11.2002 ЛПДС Омского РНУ ОАО «Транссибнефть». Пожар в резервуаре. При зачистке резервуара № 16 от донных отложений, выведенного из эксплуатации, произошло воспламенение парафинистых отложений. Причина - ошибка персонала, заключающаяся в неудовлетворительной подготовке резервуара к ремонтным работам. Информация о масштабе ущерба отсутствует. Пострадавших трое, двое из них погибли.

25.11.2002 Нефтебаза ООО «Строительная компания «Мост». Взрыв паров нефтепродукта в резервуаре. При розжиге резака, в процессе проведения работ по замене трубопроводов для слива светлых нефтепродуктов от воронки слива до приемной емкости, произошел взрыв пустой приемной емкости. Были повреждены две емкости объемом 50 м<sup>3</sup>, находившиеся рядом. Причина - ошибка персонала, заключающаяся в

неудовлетворительной подготовке резервуара к огневым работам. Информация о масштабах ущерба и о пострадавших отсутствует.

01.12.2002 Резервуарный парк товарного производства ОАО «Уфанефтехим». Выброс бензина без возгорания. При разгерметизации резервуара объемом 5000 м<sup>3</sup> вылилось 1,5 тыс. тонн бензина внутрь обвалования. Причина - физическое старение и усталостные напряжения в металле. Информация о масштабах ущерба и о пострадавших отсутствует.

10.08.2003 ОАО «Салаватнефтеоргсинтез». Взрыв паров нефтепродукта с последующим пожаром. В резервуарном парке от грозового разряда молнии произошел взрыв внутри резервуара с отрывом крыши и последующим пожаром. Причина - природное явление (молния). Информация о масштабах ущерба и о пострадавших отсутствует.

27.02.2004 ОАО «Уфанефтехим». Взрыв паров продукта с последующим пожаром. После опорожнения резервуара (производство ароматики) в период подготовки к ремонту произошел взрыв внутри резервуара с вскрытием крыши и последующим возгоранием. Причина - ошибка персонала, заключающаяся в неудовлетворительной подготовке резервуара к ремонту. Информация о масштабах ущерба и о пострадавших отсутствует.

31.05.2005 ОАО «НК «Роснефть Кабардино - Балкарская топливная компания» (Прохладенский филиал). Взрыв паров продукта с последующим пожаром. На территории резервуарного парка при зачистке резервуара произошел взрыв паров бензина на открытой площадке с последующим возгоранием остатков бензина в резервуаре. Причина аварий - нарушение организации работ, связанных с чисткой резервуаров.

11.10.2005 ОАО «НК «Роснефть Кабардино - Балкарская топливная компания» (Муртазовский филиал). Взрыв паров бензина. Нижний люк резервуара был вскрыт при наличии «мертвого» остатка, что привело к загазованию парами бензина, окружающего пространства и взрыву паровоздушной смеси. Для удаления «мертвого» остатка персонал

предполагал использовать переносной насос с системой резиноканевых шлангов. Причина аварии - нарушение организации работ, связанных с чисткой резервуаров. В результате 6 человек получили ожоговые травмы, один из них впоследствии скончался.

Пожары и аварии, а также травматизм и гибель людей на предприятиях хранения нефтепродуктов происходят систематически, не смотря на всевозможные защитные и профилактические мероприятия, а также надзор со стороны государственных органов и должностных лиц. Наиболее опасными с точки зрения последствий являются аварии разлива в резервуарных парках [4].

Анализ статистических данных по пожарам, происшедшим на территории Российской Федерации показывает, что, несмотря на имеющееся ежегодное неуклонное снижение количества пожаров и погибших на них, наблюдается рост пожаров на объектах производственного назначения. Общее снижение количества пожаров на производственных объектах на фоне снижения количества пожаров происходит недостаточно интенсивно, что указывает, на недостаточный уровень профилактической работы, проводимой в данном направлении. Негативные показатели оперативной обстановки с пожарами на производственных объектах также подтверждают актуальность выбранной темы.

## **1.2 Нормативно-правовое обеспечение тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами**

Пожарная безопасность на объектах химической промышленности регламентируется противопожарными мероприятиями в соответствии с требованиями нормативных документов:

- Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» Данный Федеральный закон определяет основные положения технического



регулирования в области пожарной безопасности и общие принципы обеспечения пожарной безопасности». Цель технического регламента – защита жизни, здоровья, имущества граждан и юридических лиц от пожаров [32].

- Приказ МЧС России от 10 июля 2009 №404 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах» Данный приказ определяет расчет пожарного риска на производственных объектах, который устанавливает порядок расчета величин пожарного риска на производственных объектах. [33]
- Федеральный закон от 27.07.2007 № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинения вреда в результате аварии на объекте» Данный закон рассказывает о том, что обязан сделать владелец ОПО в случае аварии. [34]
- Приказ МЧС России от 18.06.2003 № 314 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» Данный приказ, дает нам определение категорий помещений, и их классификацию. [35]
- Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». [36]

Настоящие нормы устанавливают требования пожарной безопасности, предъявляемые к технологическому оборудованию, строительной части, размещению и генеральным планам предприятий химической отрасли.

### **1.3 Современное состояние разработки методов тушения резервуаров хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей**

Способы тушения пожаров в резервуарах ЛВЖ и ГЖ связаны со снижением необходимого количества кислорода, необходимого для горения; снижением количества паров и с нарушением условий воспламенения смесей. При комбинированных способах происходит воздействие на различные условия горения [29].

Необходимо различать способ тушения, связанный с применением определенного огнетушащего вещества и способ подачи этого вещества, который связан с тактикой тушения пожара [5].

Для тушения пожаров с помощью передвижной пожарной техники и полустационарных систем используют:

- воздушно механическую пену средней кратности (основное средство тушения) и низкой кратности;
- тонкораспыленную воду (дисперсность 0,1–0,5 мм с интенсивностью 0,2 л/(с · м<sup>2</sup>) для темных нефтепродуктов (мазут);
- порошки для тушения небольших очагов и резервуаров также допускается использование инертных газов.

Может быть использован способ перемешивания горючей жидкости.

Главными факторами, определяющими интенсивность подачи раствора пенообразователя, являются:

- физико-химические свойства горючего;
- физико-химические свойства пенообразователя и пены;
- условия горения и тепловой режим в зоне пожара к моменту начала пенной атаки.

Если происходит длительное горение нефтепродукта и, следовательно, изменение высоты слоя горючего, то необходима корректировка величины интенсивности подачи огнетушащих средств.

Высоту слоя горючего для резервуаров с понтоном или плавающей крышей определяют следующим образом:

- при затоплении понтона или плавающей крыши – только высоту над крышей или понтоном
- при частичном обрушении крыши, перекосе крыши или понтона – за высоту слоя горючего принимается среднее значение высоты в объеме, куда будет подаваться пена.

Для тушения пожара предусматривается:

- стационарные установки автоматического пожаротушения;
- стационарные установки неавтоматического пожаротушения (полустационарные т.е. требуется присоединение к передвижной пожарной технике через рукава).

Подачу пены низкой кратности осуществляют через слой горючего. Производительность по раствору – 23 или 46 л/с (подсоединение к одному или двум автомобилям). Наиболее распространенным средством подачи огнетушащих веществ является передвижная пожарная техника.

Подача пены в резервуар осуществляется следующими способами:

- переносными пенноподъемниками;
- автоподъемниками (с использованием выдвигаемых лестниц и т.п.) через стационарные пеннокамеры.

При тушении пожара (пенной атаки) пена может подаваться непрерывно в течение нормативного времени (15 минут) или импульсами.

Импульсный способ подачи пены используется при тушении темных нефтепродуктов во избежание перелива. Количество импульсов зависит от свойств горючего и колеблется от 4 до 8, увеличиваясь при повышении плотности горючего ( $\text{кг/м}^3$ ) и соответственно средней температуры кипения. Продолжительность подачи пены в каждом импульсе не должно превышать

30 секунд. Продолжительность пауз между импульсами равна времени оседания, вспенившегося горючего интенсивность подачи пены определяется согласно тех же таблиц. В последнем цикле пена подается, не прекращаясь до полной ликвидации горения [11].

В процессе перекачивания из соседних резервуаров, содержащихся внутри нефтепродуктов существует вероятность образования взрывоопасных смесей. Это объясняется тем, что резервуары находятся под воздействием теплового излучения. Процесс откачки подразумевает перемещение нефтепродуктов из горящих резервуаров в изолированные резервуары, которые оборудованы газоуравнительными системами.

Процесс заполнения соседних и горящих резервуаров пеной является потенциально опасным, так как в процессе этого происходит вытеснение взрывоопасных паров, что может стать причиной пожаров и взрывов.

В процессе проведения работ по тушению пожаров над арматурами или отверстиями в кровле существует опасность взрывов. Это связано с тем, что при закрытии их кошмой, брезентом или асбестовым полотном, значение температуры жидкости превышает верхний предел температуры воспламенения.

Процесс накрытия необходимо проводить совместно с укрытием распыленных струй воды. В случае наличия светло-желтых оттенков пламени с незначительным выделением дыма, необходимо иметь ввиду, что укрытие отверстий является потенциально опасным и может стать причиной взрывов в резервуаре [7].

Выводы по первому разделу.

В данном разделе ВКР подробно рассмотрены теоретические аспекты основных правил при локализации и тушении возгораний в условиях резервуарных парков и нефтехранилищ. Рассмотрены вопросы особенностей и специфики пожаров, которые возникают в условиях резервуарных парков для хранения нефтепродуктов на территории нашей страны. Также подробным образом проведен анализ статистических данных пожаров,

которые возникают в результате нарушения правил использования легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

## **2 Выбор и реализация наиболее эффективного метода тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли для АО «Оренбургнефть»**

### **2.1 Критерии оценки методов тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли**

Существует несколько типов топливных резервуаров. Для них всех, при тушении пожаров, применимы воздушно-механической пены, которые обладают низкой и/или средней кратностью и предназначенные для подачи сверху вниз.

В случае резервуаров, которые имеют вертикальную ориентацию и оснащены стационарными крышами, допускается использование подслоиных способов ликвидации очагов возгораний с применением пены низкой кратности.

В случае резервуаров, которые имеют вертикальную ориентацию, выполнены из стали и их объем не превышает 10 тыс. куб. м, допускается использование установок, которые основаны на принципе тушения пожаров с применением изотермических модулей. [8]

Автоматизированные установки газопорошкового пожаротушения допускается применять в случае тушения очагов возгорания в резервуарах, емкость которых не более 10 тыс. куб. м.

Мобильные автоматизированные УИП для подачи пены применяются в случае тушения возгораний в резервуарах, объем которых не превышает 20 тыс. куб. м.

В применяемой установке для тушения пожаров должен быть обеспечен определенным запасом пены. Этот запас должен быть не менее 3х кратного расхода раствора.

Степень эффективности пожаротушения резервуаров с нефтепродуктами при использовании пенных растворов определяется множеством факторов. Однако решающий фактор заключается в качестве применяемых пенообразователей. За последние годы было выявлено множество случаев поставок пенообразователей, которые не соответствуют всем действующим нормам и требованиям (ГОСТ Р 50588–2012 "Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний") [19]. Как правило, требованиям не соответствуют такие параметры как: кратность пены, огнетушащая эффективность, температура застывания, поверхностное натяжение и т.д.

В результате проведенного анализа аварийных ситуаций в условиях аналогичных рассматриваемому объектах, были выявлены наиболее вероятные случаи для рассматриваемого объекта:

- сгорание облаков ТВС («огненный шар»);
- взрывы;
- пожары;
- загрязнение территории;
- распространение токсичных веществ в атмосфере. [9]

В случае возникновения пожаров в резервуарных парках наиболее опасными и вероятными поражающими факторами являются: действие теплового излучения, действие открытого пламени, действие токсических веществ, воздействие ударных волн, разлет осколков и т.д.

Существует следующая классификация причин возникновения аварийных ситуаций:

- в результате нарушения целостности технологического оборудования, систем трубопровода, арматуры, а также выход из строя системы противоаварийной защиты объекта;
- в результате ошибочных действий персонала, запаздывания либо бездействия операторов технологических установок;

- в результате внешних воздействий, которые носят природный и техногенный характер.

Также существует ряд факторов, которые способствуют как возникновению, так и развитию аварийных ситуаций в условиях исследуемого объекта [30]:

- наличие большого количества технологических процессов, в которых используется большое количество потенциально опасных веществ;
- наличие в технологическом оборудовании больших концентраций потенциально опасных веществ;
- наличие веществ, которые способны при разгерметизации оборудования образовывать с воздухом взрывоопасные смеси;
- высокая концентрация оборудования на ограниченной территории (в едином обваловании) может способствовать дальнейшему развитию аварии с вовлечением дополнительных масс опасных веществ в аварию.

Возможные причины аварий на исследуемом объекте:

- физический износ, механические повреждения, температурные деформации оборудования и трубопроводов;
- кавитация при падении давления на входе насосов или возникновение гидравлического удара при резком закрытии запорной арматуры;
- коррозия оборудования и трубопроводов;
- прекращение подачи электроэнергии;
- выход параметров технологического процесса за расчетные значения;
- нарушение технологических режимов;
- внешние воздействия природного и техногенного характера;
- ошибки, запаздывания или бездействие персонала в штатных и нештатных ситуациях;
- преднамеренные действия.

Под сценарием возможных аварий подразумевается последовательность связанных событий, обусловленных конкретными иницирующими событиями.

Анализ представленных статистических данных аварийных ситуаций показывает, что на объектах реализуются аварии, сопровождающиеся взрывами, пожарами, разливами агрессивной жидкости, токсическими поражениями и загрязнением ОПС. Основными поражающими факторами в случае аварий являются тепловое излучение, открытое пламя, ударная волна, химический ожог, токсическое поражение и осколки разрушенного оборудования. [12]

Потенциальную опасность на установке представляют трубопроводы, арматура и технологическое оборудование.

С точки зрения потенциального воздействия на окружающую среду, аварийное разрушение трубопроводов и технологического оборудования сопровождается:

- проливами горючих жидкостей;
- термическим воздействием пожара пролива на окружающую среду в случае воспламенения горючей жидкости;
- образованием волн сжатия при воспламенении ТВС и расширении продуктов сгорания;
- проливами агрессивной жидкости.

Аварии и аварийные ситуации малого масштаба (утечки газа и протечки горючих жидкостей через неплотности соединительных элементов или дефектные отверстия малого диаметра) также могут привести к катастрофическим последствиям (в основном это касается пожаров горючих жидкостей и взрывов ТВС в замкнутых пространствах - помещениях).

На основе анализа причин возникновения и факторов, определяющих исходы аварий, учитывая особенности применяемых технологических процессов, свойства и распределение опасных веществ, на декларируемых объектах можно выделить следующие типовые сценарии аварии:



- сценарий 1 ( $C_1$ ) – выброс опасного вещества;
- сценарий 2 ( $C_2$ ) – пожар разлива горючих жидкостей на открытой площадке;
- сценарий 3 ( $C_3$ ) – образование и сгорание облака ТВС по модели «огненный шар»;
- сценарий 4 ( $C_4$ ) – горение турбулентных газовых струй;
- сценарий 5 ( $C_5$ ) – образование и взрыв (дефлаграционное горение) ТВС в открытом пространстве на месте разгерметизации оборудования;
- сценарий 6 ( $C_6$ ) – образование и взрыв топливовоздушной смеси (ТВС) в замкнутом пространстве;
- сценарий 7 ( $C_7$ ) – пожар в помещении;
- сценарий 8 ( $C_8$ ) – пролив агрессивных жидкостей на открытой площадке или в помещении;
- сценарий 9 ( $C_9$ ) – образование и рассеивание паровых облаков (дрейф облака) с возгоранием по маршруту дрейфа;
- сценарий 10 ( $C_{10}$ ) – открытый пожар внутри резервуара;
- сценарий 11 ( $C_{11}$ ) – взрыв емкости с последующим горением облака по модели «огненный шар»;
- сценарий 12 ( $C_{12}$ ) – разгерметизация оборудования, выброс токсического вещества на открытой площадке или в помещении.

Основными опасными последствиями аварий, возможных на декларируемых объектах, являются:

- образование воздушной ударной волны при взрывных превращениях облаков топливовоздушных смесей (ТВС);
- образование осколочного поля;
- образование зоны огневого и термического поражения при пожарах пролива СУГ, ЛВЖ и ГЖ, крупномасштабном диффузионном горении ТВС по модели «огненный шар» и факельном горении УГ и паров;
- образование зон токсического поражения при выбросах токсичных веществ (сероводород).

В качестве основных поражающих факторов аварий на объекте рассматривались [10]:

- образование зоны пролива нефти и нефтепродуктов (воздействие на окружающую природную среду);
- токсическое поражение органов дыхания.
- химический ожог;
- прямое огневое воздействие и тепловой поток с поверхности пламени при пожарах всех видов;
- барическое воздействие при распространении ВУВ.

При анализе воздействия поражающих факторов оценке подвергалось:

- воздействие на окружающую природную среду (площадь загрязнения при проливах нефти и нефтепродуктов);
- воздействие на здания, сооружения и оборудование (степень разрушения);
- воздействие на человека (тяжесть поражения).

## **2.2 Территориальные, конструктивные особенности и оперативно-тактическая характеристика резервуарного парка АО «Оренбургнефть»**

Базой для написания настоящей ВКР является резервуарный парк АО «Оренбургнефть». Объект исследования в плане соблюдения норм и требований по пожарной безопасности контролируется ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук

Место расположения объекта исследования ВКР - Приволжский федеральный округ. Приложение А содержит схему генерального плана рассматриваемого объекта.

Проведем подробный анализ территориальных особенностей рассматриваемого объекта.

Район расположения объекта ВКР характеризуется слабой пересеченностью местности, наличием перепада высоты относительно уровня моря не более 50 метров на один километр, преобладает равнинный рельеф.

В районе расположения рассматриваемого объекта наиболее распространенными являются следующие типы грунтов:

- растительный, толщина которого составляет 0,1-0,2 м;
- делювиальный, который представлен суглинками, твердыми и полутвердыми глинами (толщина 0,2-0,8 м);
- твердые и полутвердые глинистые грунты (толщина 0,4-15 м);
- скальные породы (толщина 0,7-11,5 м).

Подземные воды залегают в делювиальных отложениях на глубине 8,9-18 м, развиты верховодка и техногенный водоносный горизонт, составляющий 0,3-7,2 м. Район расположения объекта имеет слабую селеопасность и слабую подверженность оползням.

Гидрогеологические условия характеризуются развитием следующих типов подземных вод:

- техногенного водоносного горизонта в насыпных грунтах в интервале глубин 0,2 – 2,6 м
- временных водоносных горизонтов (верховодки) в делювиальных глинистых и крупнообломочных грунтах на глубине 4,6 – 5,0 м.

Питание подземных вод осуществляется за счет фильтрации атмосферных осадков и за счет утечек из водоносных сетей, пожарных водопроводов и резервуаров. Режим верховодки и техногенных вод непостоянный, зависит от инфильтрации и испарения осадков и стихийного притока сточных вод в случае утечки из коммуникаций. [13]

Климат региона расположения объекта – континентальный с холодной зимой и жарким летом, климатический район - 1 В. Начало расчетного

зимнего периода - 15 октября, конец зимнего периода - 15 апреля, среднегодовая температура 1,4 °С.

Характеристика климатических условий представлена в таблице 1.

Подземные воды залегают на глубине 8,9 – 18 м.

Сейсмичность района до 7 баллов.

Количество осадков за год – 672 мм.

Суточный максимум осадков – 99 мм.

Максимальная глубина промерзания – 2,98 м (под снегом – 1,98 м).

Начало расчетного зимнего периода – 15 октября.

Конец расчетного зимнего периода – 15 апреля.

Максимальная снеговая нагрузка – 70 кгс/м<sup>2</sup>.

Максимальная ветровая нагрузка – 38 кгс/м<sup>2</sup>.

Район расположения ООО «РН-Пожарная безопасность» и исследуемого резервуарного парка имеет слабую селеопасность и слабую подверженность оползням.

Направление и скорость ветра представлены в таблице 2.

Таблица 1 - Характеристика климатических условий

| Наименование характеристик  | Величина |
|---|----------|
| Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца, T °С          | + 26.2   |
| Средняя температура наиболее холодного месяца, T °С                                       | - 21.7   |
| Средняя роза ветров: С  | 6        |
| СВ  | 16       |
| В   | 6        |
| ЮВ  | 4        |
| Ю   | 8        |
| ЮЗ  | 38       |
| З   | 20       |
| СЗ  | 2        |
| Штиль   | 14       |
| Скорость ветра, повторяемость превышения которой по многолетним данным составляет 5%, м/с | 9        |
| Слой осадков за теплый период со средними температурами выше 0°С, мм                      | 556      |
| Слой осадков за холодный период со средними температурами ниже 0°С, мм                    | 81       |

Таблица 2 - Направление и скорость ветра

|  | С   | СВ  | В   | Ю<br>В | Ю   | Ю<br>З | З   | СЗ  | Шти<br>ль | Скорость<br>ветра, м/с |
|--|-----|-----|-----|--------|-----|--------|-----|-----|-----------|------------------------|
| <b>Я н в а р ь</b>                             |     |     |     |        |     |        |     |     |           |                        |
| Повторяемость направлений ветра, %             | 2   | 7   | 6   | 2      | 2   | 74     | 6   | 1   | 18        | 5,9                    |
| Средняя скорость ветра по направлениям, м/сек. | 3,3 | 5,7 | 4,2 | 2,7    | 3,5 | 5,9    | 4,1 | 2,2 |           |                        |
| <b>И ю л ь</b>                                 |     |     |     |        |     |        |     |     |           |                        |
| Повторяемость направлений ветра, %             | 3   | 25  | 17  | 5      | 4   | 35     | 7   | 4   | 9         | 4,6                    |
| Средняя скорость ветра по направлениям, м/сек  | 3,4 | 6,0 | 4,6 | 3,3    | 3,6 | 4,6    | 3,6 | 2,9 |           |                        |

Исследуем оперативно-тактическую характеристику объекта.

Исследуемый в данной работе объект – резервуарный парк.

По виду хранимых продуктов объект относится – к складу хранения светлых и темных нефтепродуктов.

По суммарной емкости хранения в соответствии с СП 155.13130.2014 объект относится к категории Шб.

Данный объект согласно приложению 1 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» ФЗ-116 относится к категории опасных производственных объектов по следующему признаку: на нем хранятся, транспортируются горючие жидкости, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

План расположения резервуарного парка приведен в графической части работы.

Декларируемые объекты резервуарного парка расположены в границах одной промышленной площадки.

Способ прокладки нефтепровода на территории резервуарного парка – надземный. Для нитки нефтепровода принята стальная электросварная прямошовная труба.

Для исключения возможности повреждения нефтепровода устанавливается охранная зона в виде участка земли, ограниченного условными линиями, проходящими в 25 метрах от оси нефтепровода с каждой стороны. Вдоль подводных переходов - в виде участка водного пространства от водной поверхности до дна, заключенного между параллельными плоскостями, отстоящими от оси перехода нефтепровода на 100 метров с каждой стороны. [16]

Каждый резервуар оборудован щитовой кровлей, лестницей для подъема на резервуар, световыми, монтажным люком и люками лазами в I поясе, площадками со стремянками для обслуживания пеногенераторов.

Технологическая схема исследуемого резервуарного парка приведена в графической части работы.

Основной Резервуарный парк состоит из 7 резервуаров РВС-5000 (№1,2,3,4,5,6,8). Расширение резервуарного парка РВС-5000 осуществляется за счет 4 резервуаров РВС-5000 № 9,10,11,12. Все РВС предназначены для хранения нефти. Общий вид резервуара РВС-5000 приведен в приложении Б.

Данные о составляющих резервуарного парка представлены в таблице 2.3. В таблице 4 приведены взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продукции и отходов производства. Резервуары размещены группами, при этом каждая группа ограждена сплошным земляным валом высотой 2,2-2,7 м с уклоном откосов 1:1,5. По верху защитного обвалования имеется площадка шириной 1 м. Через обвалование проходят пешеходные переходы, из бетонных ступеней с перилами ограждения, для обеспечения прохода эксплуатационного персонала. Объем обвалования, свободного от резервуаров, составляет 5000 м<sup>3</sup> [17]. На вертикальных резервуарах устанавливается типовое оборудование, отвечающее требованиям стандартов и предназначенное для обеспечения надежной эксплуатации резервуаров, снижения потерь нефти от испарения, а также обеспечения пожарной безопасности. На территории объекта имеется автомобильная эстакада налива. Величина пожарной нагрузки, 2000 МДж/м<sup>2</sup>.

Таблица 3 – Данные о составляющих резервуарного парка

| Составляющие<br>декларируемого объекта                                     | Краткая характеристика составляющих декларируемого объекта |   |  |
|--|--|---|--|
|  | Назначение   | Состав  | Метод производства                           |
| Участок обслуживания резервуарных парков и коммуникаций для нефтепродуктов | Прием и хранение нефти                                     | Резервуарный парк:<br>- основной – семь резервуаров РВС-5000 (№1,2,3,4,5,6,8)<br>- расширение – четыре резервуара РВС-5000 (№ 9,10,11,12) | Прием, хранение, компаундирование и отгрузка |

Таблица 4 – Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продукции и отходов производства

| № | Наименование сырья, продукции, отходов производства | Агрегатное состояние (ГОСТ 12.1.007-76*) | Класс опасности | температура, °С |               |                   | Концентрационный предел, % об. |                | Характеристика токсичности (воздействие на организм человека) | Предельная допустимая концентрация веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений мг/м <sup>3</sup> |
|---|---|--|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|--------------------------------|----------------|---|--|
|   |   |  |                 | Вспышки         | Воспламенения | Самовоспламенения | Нижний предел                  | Верхний предел |   |  |
| 1 | Нефть   | жидкость                                 | 3               | 85              | -             | 472               | 1,1                            | 6,4            | токсическое, наркотическое и раздражающее воздействие         | 10   |
| 2 | Углеводородный газ                                  | газ                                      | 4               |                 |               |                   | 5                              | 15             | наркотическое воздействие на центр. нервную систему           | 300  |
| 3 | Дэмульгатор ДИН-12Д                                 | жидкость                                 | 3               | +14             |               |                   |                                |                | слабо выраженная токсичность                                  |  |

Продолжение таблицы 4

|   |  |   |   |   |    |     |     |      |   |   |
|---|--|---|---|---|----|-----|-----|------|---|---|
| 4 | Метанол<br>(растворитель<br>деэмульгатора) | жидкость                                  | 3 | 8 | 13 | 464 | 5,7 | 34,7 | ядовитая жидкость,<br>нервно-сосудистый яд      | 5 |
| 5 | Пластовая вода                             | вода с<br>содержан.<br>~150 мг/л<br>нефти | 3 |   |    |     |     |      | выделяется раствор. газ – наркотич.<br>действие |   |



На территории резервуарного парка расположена насосная, которая предназначена для размещения насосного оборудования. Перекачка жидкостей из автомобильных цистерн в резервуарный парк и из резервуарного парка к пунктам слива-налива АЦ предусматривается насосами Н-1-Н-5 типа КМ 100-80/170Е.

Для ограждения по периметру насосной выполнен монолитный железобетонный бортик высотой 200 мм, с размерами в плане – 6000х6000 мм.

Габариты насосной назначены исходя из рационального размещения технологического оборудования и с учетом возможности его обслуживания. Покрытие в насосной водонепроницаемое бетонное с обогревом и имеет уклон 1 % к приямку для сбора аварийных проливов и случайных утечек, из которого предусмотрен выпуск к резервуару–сборнику дождевых стоков через ливневый водопровод. Насосы устанавливаются на монолитные фундаменты с рамой, предусмотренной под их габаритные размеры. Проектом предусмотрено устройство навеса насосной. Профлист закрепляется на стойках каркаса и предназначен для защиты установленного технологического оборудования от атмосферных осадков. [18]

Автомобильная эстакада налива (эстакада Э-1) – модульного типа для налива автомобильных цистерн с перекидным трапом, позволяющая облегчить работу бригады наливщиков и привести нефтеналивной объект в соответствие нормам промбезопасности, а также снизить риск травматизма при осуществлении налива. Площадка наливной эстакады оборудована фиксирующим устройством, удерживающим переходной мостик в вертикальном положении при отсутствии цистерны. Наливная эстакада может оборудована стояками верхнего слива-налива. Эстакада соответствует СНиП 2.11.03-93 и ПОТ РМ-021-2002.

Площадка под АЦ эстакады налива выполнена из монолитного железобетона с бортиками высотой 200 мм. Размеры в плане 21200х4400мм.

Фундаменты под колонны столбчатые железобетонные монолитные.

Каркас изготовлен из металлопроката и обшит профлистом.

Для сбора ливневых стоков и воды от пожаротушения покрытие парка спланировано с уклоном к приемке, из которого жидкость через колодец с задвижкой направляются в емкость для сбора дождевых стоков. Направление стока в парке принято с учетом рельефа площадки, а также целесообразности размещения подземной емкости Ел-1.

Общая схема устройства резервуара для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей приведена на рисунке 6.

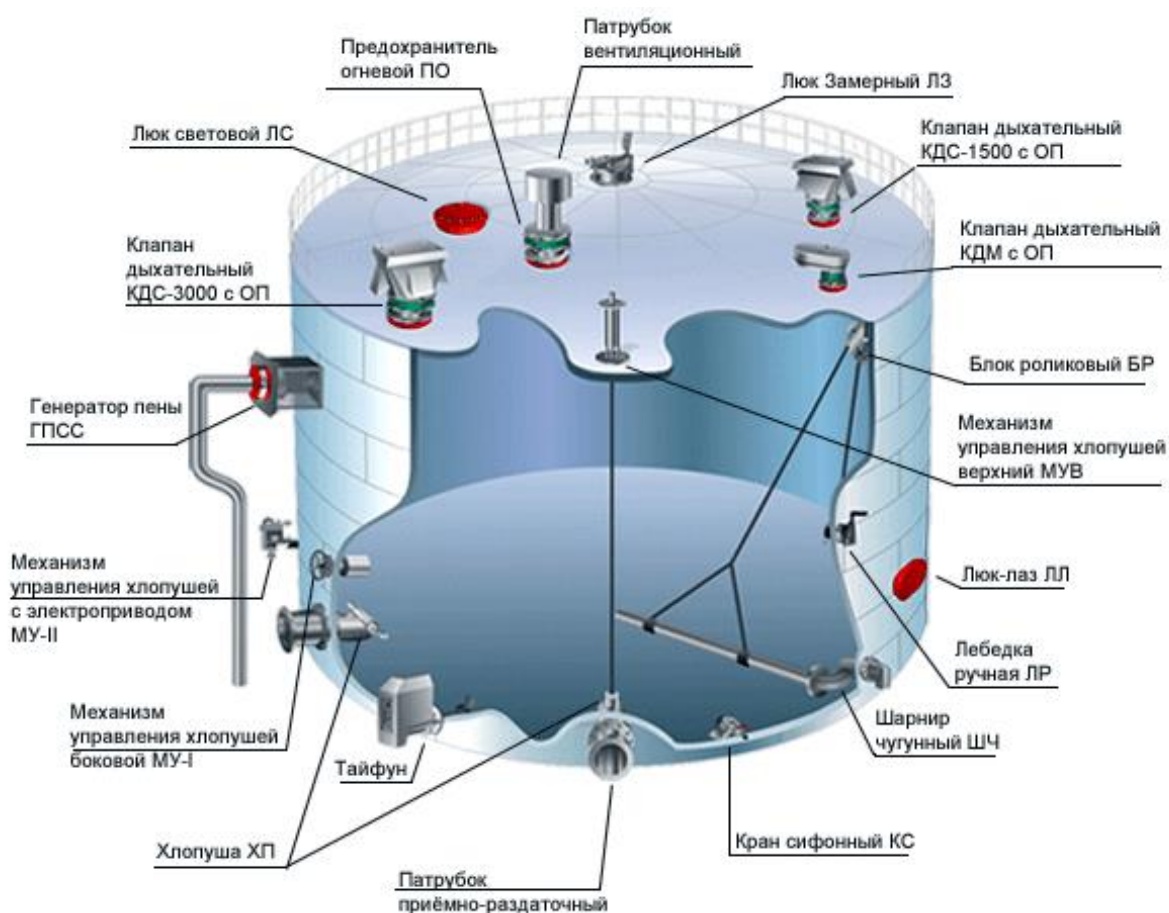


Рисунок 6 – Общая схема устройства резервуара для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Рассмотрим основное технологическое оборудование, применяемое в резервуарном парке.

Оборудование, устанавливаемое на резервуарах:

- оборудование, обеспечивающее надежную работу резервуаров и снижение потерь нефтепродукта;
- оборудование для обслуживания и ремонта резервуаров;
- противопожарное оборудование;
- приборы контроля и сигнализации.

К группе оборудования для обеспечения надежной работы резервуаров и снижения потерь нефтепродукта относятся:

- дыхательная арматура;
- приемо-раздаточные патрубки;
- средства защиты от внутренней коррозии;
- оборудование для подогрева высоковязких нефтепродуктов.

Для обслуживания и ремонта резервуаров используется следующее оборудование:

- люки-лазы;
- люки замерные;
- люки световые;
- лестница.

Резервуары являются объектом повышенной пожарной опасности, поэтому они в обязательном порядке оснащаются противопожарным оборудованием:

- огневыми предохранителями;
- средствами пожаротушения и охлаждения.

Для сигнализации и контроля за работой резервуаров применяются:

- местные и дистанционные измерители уровня нефтепродукта;
- сигнализаторы максимального оперативного и аварийного уровней нефтепродукта;
- дистанционные измерители средней температуры нефтепродукта в резервуаре;

- местные и дистанционные измерители температуры жидкости в районе приемо-раздаточных патрубков (при оснащении резервуаров средствами подогрева);
- сниженный пробоотборник и др.

Установки автоматического пожаротушения отсутствуют.

Для подачи сигнала тревоги о пожаре в ручном режиме задействованы извещатели пожарные ручные адресные ИПР 513-3А.

Система противодымной защиты отсутствует.

Система оповещения о пожаре: оповещатели охранно-пожарные звуковые.

Внутреннее противопожарное водоснабжение отсутствует.

Наружное противопожарное водоснабжение осуществляется от ближайших пожарных гидрантов.

Открытые водоемы на территории объекта:

- $V_{\text{малая}} = 27000\text{м}^3$  (не очищен) – 650 м – подвоз воды;
- $V_{\text{большая}} = 47000\text{м}^3$  (не очищен) – 750 м – подвоз воды.

Оборудованы пирсами. Находятся на территории резервуарного парка.

Резервуары чистой воды – 2 шт.  $V = 3000\text{м}^3$ . За АБК цеха №5 (административно-бытовой корпус) – 1000 м – подвоз воды.

Источником питания объекта является РУ-6 кВ ГПП.

Для исключения аварийных разливов используется подземная аварийная емкость на объем одного резервуара. В случае чрезвычайной ситуации слив нефтепродуктов осуществляется в обвалование, а затем самотеком в аварийную емкость.

### **2.3 Оценка и расчет пожарных рисков в резервуарном парке**

При проведении анализа имеющихся рисков объект воздействия опасности рассматривается как классификационный признак. Существуют следующие группы рисков:

- социальные и индивидуальные риски;

- риски, которые носят материальный характер;
- риски, которые носят экологический характер.

Пожарный риск - это степень вероятности возникновения пожаров и возгораний нефтепродуктов на рассматриваемом объекте, а также оценка потенциального ущерба от этого пожара [31].

Основной целью, которая преследуется при расчётах имеющихся рисков, является принятие соответствующих мер, которые направлены на сведение к минимуму вероятности возникновения и распространения факторов ЧС.

В процессе проведения анализа пожарных рисков дается оценка следующих параметров [19]:

- площадь отсеков и пожарных секций;
- формирование требований относительно планировочных решений эвакуационных путей и выходов;
- оптимальные показатели расположения и протяжённости противопожарных преград;
- оптимальные размеры и форма путей эвакуации;
- выбор оптимальной системы оповещения рабочего персонала о возникновении пожара;
- выбор оптимальных систем противодымной защиты;
- выбор систем пожаротушения и т.п.

Высокая степень пожарной опасности резервуарных парков связана с тем, что в их составе имеется большое количество благоприятных условий для возникновения и стремительного распространения пожаров (горючие среды, источники зажигания и окислителя).

Работы по расчетам и анализу имеющихся пожарных рисков были проведены на предприятии ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук.

Основную горючую среду на территории составляет ЛВЖ, ГЖ, ГГ.

На территории предприятия расположены резервуары с нефтью.

В производственных цехах пожарная нагрузка представлена в виде горючих нефтепродуктов, строительных и отделочных материалов, электрического оборудования, хранения ЛВЖ, ГЖ превышающее суточную потребность.

Пожарную опасность на территории объекта составляют следующие факторы [20]:

- пожароопасность обрабатываемой нефти и газа;
- взрывоопасность углеводородных газов и паров нефти, выделившихся в атмосферу при нарушениях герметичности аппаратов и трубопроводов;

Основные причины аварийных ситуаций, вызывающих пожары, взрывы, загазованность:

- нарушение требований правил и инструкций по пожарной безопасности, технике безопасности и технологического регламента;
- отсутствие постоянного надзора за исправностью оборудования;
- нарушение правил ведения огневых работ;
- порывы и разгерметизация трубопроводов и оборудования.
- источники инициирования взрыва, пожара;
- замыкание электропроводки.

Емкостное оборудование объекта является источником повышенной опасности вследствие наличия значительных количеств опасных веществ. Аварийная остановка насосов может привести к нарушениям гидродинамического режима системы. Трубопроводные системы являются источниками опасности из-за большого числа сварных, фланцевых соединений, запорной и регулирующей арматуры, агрессивности веществ, перемещаемых по ним. [22]

Для возникновения пожара или взрыва на опасном производственном объекте помимо наличия горючих веществ необходимо присутствие постоянно действующего или периодического источника зажигания.

Основными источниками зажигания являются: атмосферное электричество, разряды статического электричества, искры электроустановок, открытое пламя при проведении огневых работ и др. Кроме того, источниками зажигания могут послужить фрикционные искры, нарушение работниками инструкций по пожарной безопасности на территории объекта, отсутствие или неисправность искрогасителей на двигателях внутреннего сгорания, использование приборов освещения и измерения загазованности во взрывоопасном исполнении. Фрикционные искры появляются при применении искроопасного инструмента, при разрушении движущихся узлов и деталей, при применении рабочими обуви, подбитой металлическими набойками и гвоздями, при попадании в движущиеся механизмы посторонних предметов и т. д.

Пожары протекают в сложных условиях с быстрым распространением огня на соседние аппараты и участки, и, зачастую, принимают характер катастрофы с огромным материальным ущербом. Наличие больших объемов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей приводит к тому, что пожар на установке может принять значительные размеры. Условиями распространения горения на установке являются: разливы по территории установки горючих и легковоспламеняющихся жидкостей; сеть промышленной канализации; отсутствие аварийных сливов из емкостных аппаратов; разветвленная сеть трубопроводов при отсутствии на них гидравлических затворов. При пожаре возможен взрыв, так как имеет место образование взрывоопасных концентраций. Испарение паров легковоспламеняющихся жидкостей и газов будет создавать газоздушную смесь, которая при ветреной погоде будет перемещаться к возможному очагу пожара. [21]

Возможными источниками зажигания могут быть:

- открытый огонь в виде тлеющей сигареты, зажженной спички и т.п.;
- искры, образующиеся при проведении сварочных работ и металлообработки;

- тепловые проявления аварийной работы электрических приборов и аппаратов;
- тепло электронагревательных приборов;
- разряды атмосферного и статического электричества.

Опасность жизни и здоровью людей при пожаре представляют опасные факторы пожара и их вторичные проявления:

- пламя и искры;
- повышенная температура;
- дым, токсичные продукты горения и термического разложения;
- пониженная концентрация кислорода;
- осколки, части разрушившегося остекления;
- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций и аппаратов.

Анализ пожарной нагрузки, вариантов развития пожара в помещениях этажа, а также количества людей постоянного и временного пребывания показывает, что наиболее опасным для людей типом пожарной нагрузки является горение мебели и ткани. [24]

Габаритные размеры помещений исследуемого резервуарного парка представлены в таблице 5.

В соответствии с типовыми базами пожарной нагрузки были определены основные характеристики пожарной нагрузки рассматриваемого объекта [8, 9]:

- здания и сооружения соответствуют I-II степени огнестойкости;
- удельная пожарная нагрузка здания составляет  $M_o=200$  кг/м<sup>2</sup>;
- минимальное значение рабочей теплоты сгорания составляет  $Q_n^p=14,7$  МДж/кг;
- величина удельной скорости выгорания составляет  $\psi_{yd}=0,0145$  кг/(м<sup>2</sup>·с);
- расход кислорода в процессе горения  $L_{O_2}=-1,437$ ;



- объем выделяющегося угарного газа в процессе горения  $L_{CO}=0,0022$ ;
- объем выделяющегося углекислого газа в процессе горения  $L_{CO_2}=1,285$ ;
- объем выделяющегося хлористого водорода в процессе горения  $L_{HCl}=0,006$ ;
- величина удельного дымовыделения  $W_{уд}=82$  Нп·м<sup>2</sup>/кг;
- величина скорости распространения пламени  $w_{пл}=0,0108$  м/с.

Таблица 5 - Значения габаритных размеров помещений, расположенных в исследуемом производственном здании

| №  | Наименование помещения                | Габаритные размеры | Свободный объем, м <sup>3</sup> |
|----|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1  | Цеховое помещение (1-й этаж)          | 108,0 × 9,0        | 972,0                           |
| 2  | Цеховое помещение (2-й этаж)          | 259,60 × 4,5       | 934,6                           |
| 3  | Коридор (2-й этаж)                    | 77,30 × 4,5        | 278,3                           |
| 4  | Коридор (2-й этаж)                    | 145,98 × 4,5       | 525,5                           |
| 5  | Офисное помещение (3-й этаж)          | 262,08 × 4,5       | 943,5                           |
| 6  | Производственное помещение (3-й этаж) | 343,41 × 4,5       | 1236,3                          |
| 7  | Коридор (3-й этаж)                    | 239,67 × 4,5       | 862,8                           |
| 8  | Коридор (3-й этаж)                    | 190,29 × 4,5       | 685,0                           |
| 9  | Производственное помещение (4-й этаж) | 371,63 × 4,5       | 1337,9                          |
| 10 | Коридор (4-й этаж)                    | 139,81 × 4,5       | 503,3                           |

Начальные условия:

- величина температуры внутри помещений  $T_o=20^{\circ}C$ ;
- давление в помещении (равно атмосферному)  $p=101300$  Па.

Принятые значения опасных факторов пожара соответствуют высоте 1.7м относительно уровня пола. На этой высоте находится рабочая зона.

В процессе проведения расчетов применялось программное обеспечение «Интегральные, зонные и полевые методы расчета динамики

опасных факторов пожара» (номер свидетельства официальной регистрации программы для ЭВМ №2006614238).

Критические времена по достижению опасными факторами пожара величины их критических значений для людей на уровнях рабочих зон помещений предприятия приведены в таблице 6

Таблица 6 - Критические времена по достижению опасными факторами пожара величины их критических значений для людей на уровнях рабочих зон помещений предприятия

| №  | Характеристики помещения              | Критическая продолжительность пожара (в сек.) |                           |   |                              |   |                               |
|----|---------------------------------------|---|---------------------------|---|------------------------------|---|-------------------------------|
|    |                                       | по потере видимости                           | по повышенной температуре | по пониженому содержанию O <sub>2</sub> | по повышенному содержанию CO | по повышенному содержанию CO <sub>2</sub> | по повышенному содержанию HCl |
| 1  | Цеховое помещение (1-й этаж)          | 180,8   | 315,0                     | 395,6                                   | -                            | -   | 240,4                         |
| 2  | Цеховое помещение (2-й этаж)          | 178,0   | 310,1                     | 389,5                                   | -                            | -   | 236,7                         |
| 3  | Коридор (2-й этаж)                    | 142,7   | 217,1                     | -                                       | -                            | -   | -                             |
| 4  | Коридор (2-й этаж)                    | 176,4   | 267,2                     | -                                       | -                            | -   | -                             |
| 5  | Офисное помещение (3-й этаж)          | 178,6   | 311,1                     | 390,8                                   | -                            | -   | 237,4                         |
| 6  | Производственное помещение (3-й этаж) | 195,4   | 340,4                     | 427,6                                   | -                            | -   | 259,8                         |
| 7  | Коридор (3-й этаж)                    | 208,1   | 312,2                     | -                                       | -                            | -   | -                             |
| 8  | Коридор (3-й этаж)                    | 192,6   | 289,4                     | -                                       | -                            | -   | -                             |
| 9  | Производственное помещение (4-й этаж) | 200,7   | 349,5                     | 439,0                                   | -                            | -   | 266,7                         |
| 10 | Коридор (4-й этаж)                    | 173,9   | 262,3                     | -                                       | -                            | -   | -                             |

Произведём расчет фактического времени эвакуации людей из производственных помещений ООО «РН-Пожарная безопасность».

Необходимое время эвакуации из помещений производственного здания приведено в таблице 7

Таблица 7 - Необходимое время эвакуации из помещений производственного здания

| №  | Характеристики помещения              | Необходимое время эвакуации, $\tau_{\text{нб}}$ , с |
|----|---------------------------------------|---|
| 1  | Цеховое помещение (1-й этаж)          | 144,7   |
| 2  | Цеховое помещение (2-й этаж)          | 142,4   |
| 3  | Коридор (2-й этаж)                    | 114,2   |
| 4  | Коридор (2-й этаж)                    | 141,1   |
| 5  | Офисное помещение (3-й этаж)          | 142,9   |
| 6  | Производственное помещение (3-й этаж) | 156,4   |
| 7  | Коридор (3-й этаж)                    | 166,5   |
| 8  | Коридор (3-й этаж)                    | 154,1   |
| 9  | Производственное помещение (4-й этаж) | 160,5   |
| 10 | Коридор (4-й этаж)                    | 139,1   |

Произведём расчет фактического времени эвакуации людей из производственных помещений.

Расчёт фактического времени эвакуации из помещений производственного здания в целом производился при следующих исходных данных:

- расчётное время эвакуации определялось без учёта одного выхода;
- общая площадь помещений, ширина и длина коридоров, ширина лестниц определялись в соответствии с представленной заказчиком проектной документацией;
- ширина основных эвакуационных проходов между столами и оборудованием - не менее 1,2 м;
- средняя площадь горизонтальной проекции человека принимается равной 0,125 м<sup>2</sup> (взрослого человека в зимней одежде);
- количество эвакуационных выходов не менее двух из помещений, предназначенных для одновременного пребывания более 50 чел.;
- отсутствуют маломобильные группы населения (М2-М4);

- уклон лестниц на путях эвакуации не более 1:1; ширина проступи - не менее 25 см, высота ступени - не более 22 см;
- в местах перепада высот предусмотрены лестницы с числом ступеней не менее трех или пандусы с уклоном не более 1:6;
- ширина коридоров не менее 2,0 м;
- ширина дверей лестничных клеток и дверей на путях эвакуации не менее 1,35 м;
- высота эвакуационных выходов в свету составляет не менее 2 м.

Значение времени начала эвакуации  $t_{нэ}$  для помещения очага пожара принимаем равным 0,5 мин.

Учитывая, что класс функциональной пожарной опасности здания Ф4, посетители находятся в бодрствующем состоянии и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов, а также здание оборудовано системой оповещения и управления эвакуацией людей III типа, принимаем значение времени начала эвакуации для остальных помещений  $t_{нэ} = 1,5$  мин.

В связи с этим считается, что общее время движения людей от наиболее удалённого участка до выхода в лестничную клетку или непосредственно наружу равно сумме времен [25]:

- времени начала эвакуации;
- времени выхода людей из помещений в общий коридор;
- времени движения людей по коридору до выхода непосредственно наружу.

При этом принимается, что все люди из помещений в общий коридор выходят практически одновременно. Время выхода людей из всех помещений принимается равным максимальному расчётному времени выхода из помещения.

Предполагаем, что людские потоки распределяются равномерно на все эвакуационные выходы (за исключением заблокированных по расчётному сценарию).

Для определения задержек на входе в лестничные клетки на всех рассматриваемых этажах предполагаем наиболее опасный сценарий эвакуации, когда по лестницам двигается людской поток с максимальной плотностью со скоростью 8 м/мин и интенсивностью 7,2 м/мин.

В таблице 8 представлены данные по количеству людей, количеству и характеристикам эвакуационных выходов из помещений и коридоров этажей.

Таблица 8 - Количество людей, количество и характеристика эвакуационных выходов из помещений здания

| № | Наименование помещения                | Количество человек в помещении, чел | Количество эвакуационных выходов | Суммарная ширина выходов, м |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Цеховое помещение (1-й этаж)          | 70                                  | 2                                | 3                           |
| 2 | Цеховое помещение (2-й этаж)          | 59                                  | 2                                | 3                           |
| 3 | Коридор (2-й этаж)                    | 152                                 | 3                                | 4,05                        |
| 4 | Коридор (2-й этаж)                    | 68                                  | 2                                | 3                           |
| 5 | Офисное помещение (3-й этаж)          | 82                                  | 3                                | 4,5                         |
| 6 | Производственное помещение (3-й этаж) | 220                                 | 4                                | 5,55                        |
| 7 | Коридор (3-й этаж)                    | 232                                 | 2                                | 3,0                         |
| 8 | Коридор (3-й этаж)                    | 87                                  | 2                                | 3                           |
| 9 | Производственное помещение (4-й этаж) | 330                                 | 3                                | 4,2                         |

В таблице 9 приведены результаты проверки выполнения условия безопасной эвакуации людей из помещений и коридоров этажей.

Таблица 9 - Проверка выполнения условия безопасной эвакуации людей из помещений

| № | Наименование пожарного отсека (уровень пола) | Количество человек | Необходимое время эвакуации, $\tau_{нб}$ , сек. | Расчётное время эвакуации, $\tau_{ф.э.}$ , сек. | Вывод о соответствии |
|---|--|--------------------|---|---|----------------------|
| 1 | Цеховое помещение (1-й этаж)                 | 70                 | 92,4  | $30^{нэ} + 38,3 = 68,3$                         | С                    |

Продолжение Таблицы 9

|   |                                       |    |       |                                    |   |
|---|---------------------------------------|----|-------|------------------------------------|---|
| 2 | Цеховое помещение (2-й этаж)          | 59 | 90,9  | $30^{НЭ} + 33,6 = 63,6$            | С |
| 3 | Коридор (2-й этаж)                    | 52 | 300,0 | $90^{НЭ} + 80,6 + 23,9^3 = 194,5$  | С |
| 4 | Коридор (2-й этаж)                    | 68 | 91,2  | $30^{НЭ} + 35,2 = 65,2$            | С |
| 5 | Офисное помещение (3-й этаж)          | 82 | 99,8  | $30^{НЭ} + 41,1 = 71,1$            | С |
| 6 | Производственное помещение (3-й этаж) | 20 | 300,0 | $90^{НЭ} + 123,3 + 33,5^3 = 246,8$ | С |
| 7 | Коридор (3-й этаж)                    | 32 | 234,4 | $30^{НЭ} + 63,8 + 99,3^Д = 193,1$  | С |
| 8 | Коридор (3-й этаж)                    | 87 | 102,5 | $30^{НЭ} + 44 = 74$                | С |
| 9 | Производственное помещение (4-й этаж) | 30 | 300,0 | $90^{НЭ} + 63,8 + 99,3^Д = 253,1$  | С |

Из таблицы 9 видно, что условие безопасной эвакуации людей из помещений и коридоров здания выполняется.

Сделаем выводы, исходя из полученных результатов.

Условие безопасной эвакуации людей в соответствии с полученными результатами расчета необходимого и времени эвакуации людей выполняется при работе системы дымоудаления, так как:

$$t_{нб} > t_{фб}, \quad (1)$$

где  $t_{нб}$  – необходимое время эвакуации;

$t_{фб}$  – расчетное (фактическое) время эвакуации.

Условие безопасной эвакуации людей выполняется при наиболее неблагоприятном сценарии развития пожара и эвакуации с учетом задержек из-за смешения людских потоков на входе в лестничные клетки.

Теперь произведем расчет индивидуального пожарного риска.

В соответствии со статьей 79 ФЗ №123 «индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значение одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания, сооружения и строения точке», т.е. индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если (п.7 [5]):

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (2)$$

где  $Q_B^H$  – индивидуальный пожарный риск;

$Q_B^H$  – нормативное значение индивидуального пожарного риска,  $Q_B^H = 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>;

$Q_B$  – расчетная величина индивидуального пожарного риска.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_B$  в каждом здании рассчитывается по формуле (п.8 [5]):

$$Q_B = Q_{\text{п}} \cdot (1 - R_{\text{ап}}) \cdot P_{\text{пр}} \cdot (1 - P_{\text{э}}) \cdot (1 - P_{\text{п.з}}), \quad (3)$$

где  $Q_{\text{п}}$  – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных; при отсутствии статистической информации допускается принимать  $Q_{\text{п}} = 4 \cdot 10^{-2}$  для каждого здания;

$R_{\text{ап}}$  – вероятность эффективного срабатывания систем автоматического пожаротушения (далее – АУПТ);

$P_{\text{пр}}$  – вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения  $P_{\text{пр}} = t_{\text{функц}}/24$ , где  $t_{\text{функц}}$  – время нахождения людей в здании в часах;

$P_{\text{э}}$  – вероятность эвакуации людей;

$P_{\text{п.з}}$  – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Вероятность эвакуации людей определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{э}} = \begin{cases} \frac{0,8t_{\text{бл}} - t_{\text{р}}}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_{\text{р}} < 0,8t_{\text{бл}} < t_{\text{р}} + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин;} \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{р}} + t_{\text{нэ}} \leq 0,8t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин;} \\ 0,000, & \text{если } t_{\text{р}} \geq 0,8t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин;} \end{cases} \quad (4)$$

где  $t_{\text{р}}$  – расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{\text{нэ}}$  – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин.

$t_{\text{бл}}$  – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

$t_{\text{ск}}$  – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5).

На основании выполненных расчетов необходимого (параграф 2 данного отчета) и фактического (параграф 3 данного отчета) времени:

$$P_{\text{э}} = 0,999.$$

Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты  $R_{\text{пз}}$ , направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей, рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{пз}} = 1 - (1 - R_{\text{обн}} R_{\text{СОУЭ}}) \cdot (1 - R_{\text{обн}} R_{\text{ЦДЗ}}), \quad (5)$$

где  $R_{\text{обн}}$  – вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; значение параметра  $R_{\text{обн}}$  определяется технической



надежностью элементов системы пожарной сигнализации, приводимых в технической документации; при отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать  $R_{обн} = 0,8$ ;

$R_{СОУЭ}$  – условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; при отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать  $R_{СОУЭ} = 0,8$ .

$R_{ПДЗ}$  – условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; при отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать  $R_{ПДЗ} = 0,8$ .

Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты  $P_{пз}$ , направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей, равна:

$$P_{пз} = 1 - (1 - R_{обн} R_{СОУЭ}) \cdot (1 - R_{обн} R_{ПДЗ}) \quad (6)$$

Получим:

$$P_{пз} = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0,8) = 0,8704.$$

При отсутствии статистической информации допускается принимать  $Q_{п} = 4 \cdot 10^{-2}$ .

Расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_{в}$  равна:

$$Q_{в} = Q_{п} (1 - R_{ап}) P_{пр} (1 - P_{э}) (1 - P_{п.з}) \quad (7)$$

Получим:

$$Q_{в} = 0,04 \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,8704) = 2,592 \cdot 10^{-7} < Q_{в}^H = 10^{-6}.$$

Условие, соответствующее статье №79 ФЗ №123 выполняется.

## 2.4 Расчет сил и средств, необходимых для тушения пожаров в резервуарном парке АО «Оренбургнефть»

Рассмотрим вариант тушения пожара в соответствии с наиболее вероятным сценарием пожара для ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук.

Авария возникла в результате разгерметизации фланцевого соединения трубопровода, соединяющегося с резервуаром. В результате произошел разлив нефтепродукта со скоростью  $0,5\text{ м}^3/\text{с}$  в обваловании на площади  $525\text{ м}^2$ , с северной стороны. В результате нарушения правил пожарной безопасности (неисправный искрогаситель) водителя бульдозера, который работал на территории парка, из-за образовавшейся искры произошло возгорание разлитого нефтепродукта по всей площади. Персонал Покровских головных сооружений действует согласно плана, ликвидации возможных аварий.

Исходные данные: РВС-5000, ГЖ – нефть,  $I_{\text{тр}}=0,05\text{ л}/\text{м}^2 \times \text{с}$ ,  $D=23\text{ м}$ ,  $h=12\text{ м}$ , РРВС –  $72,22\text{ м}$ ,  $SPVC=408\text{ м}^2$ .; обвалование – длина 50 метров, ширина 50 метров.

Ориентировочное время боевого развертывания – 5 мин.

Определяем время свободного развития пожара,  $t_{\text{св}}$ :

$$t_{\text{св}}=t_{\text{дс}}+t_{\text{сб}}+t_{\text{сл}}+t_{\text{бр}}, \quad (8)$$

где  $t_{\text{дс}}$  – время до сообщения о пожаре;

$t_{\text{сб}}$  – время сбора;

$t_{\text{сл}}$  – время следования на пожар;

$t_{\text{бр}}$  – время боевого развертывания.

Получим:

$$t_{\text{св}}=1+1+2+5=9 \text{ мин.}$$

Определяем площадь пожара:

$$S_{\Pi} = Q_{\Gamma} \times t_{И} / (v_{\text{ВЫГ}} \times t_{\Gamma} + h_{\text{С}}), \quad (9)$$

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

$Q_{\Gamma}$  – расход нефтепродукта,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$t_{И}$  – время истечения нефтепродукта, с;  $t_{И} = 8$  мин;

$v_{\text{ВЫГ}}$  – линейная скорость выгорания нефтепродукта,  $v_{\text{ВЫГ}} = 0,023$  м/мин;

$t_{\Gamma}$  – продолжительность горения нефтепродукта, с;  $t_{\Gamma} = 9$  мин;

$h_{\text{С}}$  – толщина слоя разлитого нефтепродукта, м;  $h_{\text{С}} = 0,25$  м.

Получим:

$$S_{\Pi} = 0,5 \times 480 / (0,023 \times 9 + 0,25) = 525,2 \text{ м}^2.$$

Определяем требуемый расход воды для охлаждения, горящего РВС:

$$N_{\text{ПЛС-20}} = Q_{\text{охл.}} / q_{\text{ПЛС-20}}. \quad (10)$$

Получим:

$$N_{\text{ПЛС-20}} = 73/20 = 4 \text{ ПЛС-20 с насадкой } D=28 \text{ мм.},$$

где  $q_{\text{ПЛС-20}}$  - расход ствола ПЛС 20.

Расход воды из кольца орошения составляет 20 л/с. При работающем кольце орошения принимаем для охлаждения 3 лафетных ствола в случае неработоспособности кольца орошения принимаем 4 лафетных ствола.

Определяем расход воды на охлаждение соседних резервуаров:

$$Q_{\text{охл.}} = 1/2 P_{\text{РВС}} \times n \times I_{\text{тр.}} \quad (11)$$

Получим:

$$Q_{\text{охл}} = 36,1 \times 3 \times 0,2 = 21,66 \text{ л/с,}$$

где  $1/2P_{\text{РВС}}$  – половина периметра РВС, обращенная в сторону горящего резервуара.

$I_{\text{тр}}$  – требуемая интенсивность охлаждения стенки соседнего резервуара.

Определяем количество стволов на охлаждение соседних резервуаров.

Охлаждение соседних резервуаров необходимо производить, начиная с того, который находится с подветренной стороны от горящего резервуара.

$$N_{\text{ств. HANDLINE}} = Q_{\text{охл.}} / q_{\text{ств.}} \quad (12)$$

Плучим:

$$N_{\text{ств. HANDLINE}} = 21,66 / 6 = 4 \text{ ств.,}$$

где  $P_{\text{РВС}}$  – периметр резервуара;

$n$  – количество РВС.

Количество стволов для охлаждения 1 соседнего с горящим резервуара принимается по расчету, но не менее двух. Так, как защите подлежат 3 РВС, принимаем по 2 ствола на защиту каждого итого – 6 стволов.

$$N_{\text{ств. HANDLINE}} = 6 \text{ с расходом } 6 \text{ л/с каждого (деление } 2).$$

Необходимо предусмотреть один лафетный ствол для защиты дыхательной арматуры на соседний резервуар, находящийся с подветренной стороны от горящего, поэтому принимаем 6 стволов HANDLINE и 1 ПЛС-20.

Определяем общий фактический расход воды для защиты горящего и соседних резервуаров:

$$Q_{\text{охл.общ}} = Q_{\text{ствохл. гор.}} \times N_{\text{ств.гор.}} + (Q_{\text{ствохл. сос.}} \times n_{\text{ств.охл}}) \quad (13)$$

Получим:

$$Q_{\text{охл.общ}} = 20 \times 3 + (6 \times 6 + 20 \times 1) = 60 + 56 = 116 \text{ л/с},$$

где  $Q_{\text{ствохл. сос.}}$  – расход в стволе HANDLINE на делении 2 (6 л/с);

$N_{\text{ств.гор.}}$  – количество стволов для тушения горящего резервуара;

$Q_{\text{ствохл. сос.}}$  – расход в стволе для охлаждения соседних резервуаров;

$n_{\text{ств.охл}}$  – количество стволов для охлаждения соседних резервуаров.

Площадь тушения будет равна площади пожара – 525,2 м<sup>2</sup>.

Определяем количество стволов COMBITOR на тушение жидкости в обваловании:

$$N_{\text{combitor}} = S_p \times I_{\text{тр}} / q_{\text{combitor.}} \quad (14)$$

Получим:

$$N_{\text{combitor}} = 525,2 \times 0,08 / 50 = 1 \text{ COMBITOR},$$

где  $S_p$  – площадь разлива;

$I_{\text{тр}}$  – требуемая интенсивность подачи раствора;

$q_{\text{combitor}}$  – расход ствола.

Определяем требуемое количество ПО для тушения горячей жидкости в обваловании:

$$W_{\text{по}} = N_{\text{combitor}} \times q_{\text{combitor}}^{\text{ПО}} \times t_{\text{т}} \times K_3. \quad (15)$$

Получим:

$$W_{\text{по}} = 1 \times 3,0 \times 600 \times 3 = 5400 \text{ л,}$$

где  $q_{\text{combitor}}^{\text{по}}$  – расход пенообразователя из одного ствола COMBITOR;

$t_{\text{т}}$  – расчетное время тушения,  $t_{\text{т}} = 10$  мин или 600сек.;

$K_3$  – коэффициент запаса пенообразователя,  $K_3 = 3$ .

Определяем требуемое количество воды для тушения горячей жидкости в обваловании:

$$Q_{\text{т}}^{\text{общ}} = N_{\text{combitor}} \times q_{\text{combitor}} \quad (16)$$

Получим:

$$Q_{\text{т}}^{\text{общ}} = 1 \times 47 = 47 \text{ л/с.}$$

Определение общего фактического расхода воды на тушение и защиту:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{общ.}} = Q_{\text{охл.}}^{\text{общ.}} + Q_{\text{т}}^{\text{общ.}} \quad (17)$$

Получим:

$$Q_{\text{ф}}^{\text{общ.}} = 116 + 47 = 163 \text{ л/с,}$$

где  $Q_{\text{охл.}}^{\text{общ}} = 116$  л/с – согласно акту испытания сети от 21.05.2019 г.

Условие локализации  $Q_{\text{ф}}^{\text{общ.}} \leq Q_{\text{с}}$  выполняется:

$$163 < 300 \text{ (л/с).}$$

Водопровод обеспечивает требуемый расход воды.

Определяем количество личного состава:

$$N_{л/с} = N_{COMBITOR} \times 3 + N_{HANDLINE} \times 2 + N_{ПЛС} \times 3 \quad (18)$$

Получим:

$$N_{л/с} = 1 \times 3 + 6 \times 2 + 4 \times 3 = 27 \text{ чел.}$$

Определяем количество отделений:

$$N_{отд} = N_{л/с} / n_{отд} \quad (19)$$

Получим:

$$N_{отд} = 27 / 4 = 7 \text{ отд.}$$

Имеющихся сил и средств не достаточно, требуется привлечение дополнительных сил.

Определяем количество ПА:

$$N_{ПА} = N_{ств} / N_{ств. \text{ отд.}} \quad (20)$$

где  $N_{П}$  – количество пожарных машин,

$N_{ств}$  – общее количество стволов,

$N_{ств.ПА}$  – количество стволов, которое можно подать от одного пожарного автомобиля (при выбранной схеме подачи стволов)

Получим:

$$N_{ПА} = 12 / 3 = 4 \text{ машины.}$$

Таблица участков тушения пожара приведена ниже.

Таблица 10 – Таблица участков тушения пожара

| Время | Подразделение  | Задача   | № участка |
|-------|--|--|-----------|
| Ч+4   | ПЧ «Покровка»<br>( $t_{б,р} = 5$ мин.)<br>Пенная атака<br>(10мин при $Q = 50$ л/с) | 1 отделение на АЦ: подать на тушение пожара в обваловании РВС-№8 ПЛС «СОМБИТОР» с северо-западной стороны.                                     | 1         |
|       |  | Личным составом 2 отделения: подать ПЛС на отсечение дыхательной арматуры РВС №8 от АЦ установленной на ПГ-25 с западной стороны РВС.          | 2         |
|       |  | Личным составом 3 отделения: подать ПЛС-20 на отсечение дыхательной арматуры РВС №7,8 от АПУ установленной на ПГ-7с юго-восточной стороны РВС. | 3         |
| Ч+19  |  | 1 отделению после проведения пенной атаки – подать воду через ПЛС «СОМБИТОР» на охлаждение РВС № 8с северо-западной стороны.                   | 1         |

Порядок организации тушения пожара подразделениями пожарной охраны приведен в таблице 11.



Таблица 11 – Порядок организации тушения пожара подразделениями пожарной охраны

| Время от начала развития пожара | Возможная обстановка пожара   | Введено приборов на тушение и защиту |           |          |     |          | Рекомендации РТП |                   |  |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|-----------|----------|-----|----------|------------------|-------------------|--|
|                                 |   | Q <sub>гр.</sub> , л/с               | OPTRAPONS | HANDLINE | ПЛС | COMBITOR |                  | CROSSFIRE         | Q <sub>ф.</sub> , л/с  |
| Ч+0мин                          | Авария возникла в результате разгерметизации фланцевого соединения трубопровода соединяющегося с резервуаром. В результате произошел разлив нефтепродукта со скоростью 0,5 м <sup>3</sup> в обваловании на площади 552,2 м <sup>2</sup> , с северной стороны. | 1<br>6<br>3                          | -         | -        | -   | -        | -                | 2<br>8<br>7.<br>7 | Водитель, заметивший пожар, немедленно вызывает пожарную охрану и сообщает руководству объекта. Обслуживающий персонал объекта действует согласно плану ликвидации аварий.   |
| Ч+1 мин                         | На ПСЧ ПЧ «Покровка», поступило сообщение о пожаре в обваловании резервуара №8 РВС-5000 Sп = 525,2 кв.м   | 1<br>6<br>3                          | -         | -        | -   | -        | -                | 2<br>8<br>7.<br>7 | Дежурный диспетчер ПЧ «Покровка» высылает дежурный караул во главе с начальником части к месту пожара, сообщает о пожаре оперативному дежурному ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулука и высылает к месту пожара аварийные службы и силы и средства по вызову № 3. |

Продолжение таблицы 11

|                    |   |                      |          |          |          |          |          |                             |   |
|--------------------|---|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------------|---|
| <p>Ч+4<br/>мин</p> | <p>На пожар прибыл дежурный караул ПЧ «Покровка» во главе с начальником ПЧ «Покровка» (РТП-1) в составе шести отделений (АЦП-6/6-60, АЦП-6/6-60,ППП 32 АПУ 7-100, АПТ 7-40). Sp = 525,2 м2.</p> | <p>1<br/>6<br/>3</p> | <p>-</p> | <p>-</p> | <p>3</p> | <p>1</p> | <p>-</p> | <p>2<br/>8<br/>7.<br/>7</p> | <p>К месту пожара прибыли члены ДПД объекта, электрики и аварийные бригады, газоспасатели и скорая помощь.<br/>Члены ДПД включают кольца орошения резервуаров: на горящем РВС № 8 - оба полукольца, на 7,6 и 5 - по одному (со стороны горящего РВС-8), организывают встречу пожарных подразделений.<br/>НАСФ объекта определяют наличие загазованности вблизи пожара, не обнаружив опасной концентрации, выдают разрешение на вход в зону ЧС.<br/>Произведя разведку пожара и оценив обстановку на месте пожара РТП-1 объявляет вызов ПОЖАР № 3, отдает распоряжение:<br/>- по радиостанции докладывает обстановку на пункт связи ПЧ «Покровка», подтверждает вызов №3, вызывает дополнительные силы ФПС.<br/>- РТП-1 ставит задачу:<br/>-Установить АЦ первого отделения на ПГ № 19, личному составу, экипированному ТОК-200, проложить магистральную линию, подать ствол СОМВИТОР с максимально возможного расстояния от горящего обвалования с северо-западной стороны.</p> |
|--------------------|---|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------------|---|

Продолжение таблицы 11

|         |                |                      |        |  |  |  |  |              |  |
|---------|----------------|----------------------|--------|--|--|--|--|--------------|--|
|         |                |                      |        |  |  |  |  |              | <p>-Установить АЦ второго отделения на ПГ №25, личному составу, экипированному ТОК-200, проложить рукавную линию, подать ПЛС-20 с западной стороны на защиту дыхательных клапанов РВС №8.</p> <p>-Установить АПУ третьего отделения с юго-восточной стороны от парка на ПГ №7, личному составу, экипированному ТОК-200, 2 магистральных линии к РВС № 7,8, подать 2 ПЛС с максимально возможного расстояния от горящего обвалования: 1 на защиту дыхательных клапанов РВС №7, второй на защиту РВС № 8.</p> <p>-Установить АПТ четвертого отделения за зданием технологической насосной не перекрывая проезд. Пожарным организовать подпитку пенообразователем АЦП 1-ого отделения.</p> <p>- Электрики производят отключение электроэнергии, выдают справку-допуск об отключении электроэнергии РТП-1.</p> <p>Диспетчер ПЧ «Покровка» передает полученную информацию оперативному дежурному ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулука и по их указанию организует сбор личного состава.</p> |
| +9 мин. | м <sup>2</sup> | Площадь пожара 525,2 | 6<br>3 |  |  |  |  | 8<br>7.<br>7 | РТП-1 отдает команду «Пенная атака»  |

Продолжение таблицы 11

|          |  |        |  |  |  |  |  |  |              |   |
|----------|--|--------|--|--|--|--|--|--|--------------|---|
| +19 мин. | Пенная атака прошла успешно. Горение в обваловании прекращено. | 6<br>3 |  |  |  |  |  |  | 8<br>7.<br>7 | РТП-1 после ликвидации горения, через 5 минут дает команду «отбой пенной атаке», продолжать охлаждение стенок РВС-8 до полного охлаждения.  |
| +25 мин. | Пожар ликвидирован.  | 6<br>3 |  |  |  |  |  |  | 8<br>7.<br>7 | РТП-1: Произвести свертывание сил и средств. Начальник объектового штаба дает указания по проверке состояния технологического оборудования, по организации работ по устранению повторного загорания, принимает решение о возможности дальнейшей эксплуатации резервуарного парка. |

Расчетная таблица расчета сил и средств для тушения пожара приведена ниже.

Сводная таблица сил и средств приведена ниже.

Таблица 12 – Расчетная таблица расчета сил и средств для тушения пожара

| Варианты тушения | Прогноз развития пожара (площадь пожара, фронт пожара линейная скорость распространения, площадь тушения пожара)   | Требуемый расход огнетушащих веществ, л/с   | Количество Приборов подачи огнетушащих веществ, шт. | Необходимый запас огнетушащих веществ, л | Количество пожарных машин, основных/ специальных Шт. | Предельные расстояния для подачи воды, м                     | Численность личного состава, количество звеньев ГДЗС чел/шт. |
|------------------|--|---|---|--|--|--|--|
| 1                | Авария возникла в результате разгерметизации фланцевого соединения трубопровода, соединяющегося с резервуаром. В результате произошел разлив нефтепродукта со скоростью 0,5 м <sup>3</sup> /с в обваловании на площади 887 м <sup>2</sup> , с северной стороны. В результате нарушения правил пожарной безопасности (неисправный искрогаситель) водителя бульдозера, который работал на территории парка, из-за образовавшейся искры произошло возгорание разлитого нефтепродукта по всей площади. | Воды 163 л/с (4ПЛС-20х20л/с, 6 ств. HANDLINE х6л/с, COMBITOR х47л/с)<br><br>ПО 3 л/с (COMBITOR) | 4 ПЛС-20, 6 ств «HANDLINE», 1COMBITOR               | 5400 л.                                  | 4/-  | СтволCOMBITOR - 55 м<br>Стволы «HANDLINE» 50м<br>ПЛС-20 60 м | 27/-   |

Таблица 13 – Сводная таблица сил и средств

| Наименование объекта             | Наименование | Резервуарный парк    |
|----------------------------------|--------------|----------------------|
| Площадь объекта                  |              | 20000 м <sup>2</sup> |
| Расчетная площадь пожара         |              | 525,2 м <sup>2</sup> |
| Расчетная площадь тушения пожара |              | 525,2 м <sup>2</sup> |
| Интенсивность подачи ПО          |              | 0,08                 |
| Количество стволов на тушение    | COMBITOR     | 1                    |
| Количество стволов на защиту     | ПЛС-20       | 4                    |
|                                  | HANDLINE     | 6                    |
| Количество отделений             |              | 7                    |
| Количество звеньев ГДЗС          |              | -                    |
| Количество личного состава       |              | 27                   |
| № вызова                         |              | 3                    |

Согласно тактического замысла, аварии присваивается 3 ранг пожара и для успешной ее ликвидации требуется привлечь и задействовать следующую технику:

- АЦ 6-60 – 4 шт.;
- АПУ 7-100 – 1 шт.;
- АНР100/3000 – 1 шт.;
- ППП-32 – 1 шт.;
- АПТ 7-40 – 1 шт.

Схема расстановки сил и средств для тушения для разработанного варианта приведена в приложении В.

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

В зависимости от условий пожара выбирается то или иное огнетушащее вещество. Также условия пожара определяют выбор способов, с помощью которых будет осуществляться подача огнетушащих веществ к очагу возгорания.

Тактика тушения пожара зависит от типа крышки. Понтонные крышки характеризуются повышенной опасностью. Это связано с тем, что имеет место высокая вероятность взрывов. В таких случаях в процессе тушения пожара необходимо сделать отверстие в крышке с помощью газовой сварки. Для

тушения пожаров в обвалованиях применяются пены, порошки и их комбинации. [27]

В процессе тушения пожара для обеспечения требуемого теплового режима технологического оборудования используются водяные струи, струи воздушно-механической пены. В случае тушения струйных факелов жидкостей и газов, которые вытекают из аппаратов и трубопроводов под давлением, применяют водяные струи. В случае, если очаг возгорания находится на высоте не более 12 м, то допускается использование ручных стволов. В случае тушения очага, который находится на высоте не более 30 м, допускается использование лафетных стволов. В случае распространения огня на высоте более 30 м стволы подаются с крыш ближайших сооружений.

Смыв горящих жидкостей осуществляется компактными водяными струями. Тяжелые нефтепродукты тушатся с применением распыленных струй. Воздушно-механическая пена применяется при тушении пожаров нефти и нефтепродуктов, которые распространяются внутри технологических аппаратов, насосных, в канализационных сооружениях и т.д.

Струи пены могут использоваться совместно со струями воды. Они одновременно подаются к очагу возгорания. В таких ситуациях подача воды осуществляется на вертикальные плоскости технологического оборудования, а пена подается на вертикальные поверхности с разлитыми нефтепродуктами.

В случае тушения пожара с применением комбинированных методов приходится использовать дополнительные силы и средства. Таким образом, целесообразность подобных методов тушения обуславливается их необходимостью.

При подслоном тушении пожаров применяются стационарные системы пожаротушения в состав которых входят эластичные рукава. С их помощью огнетушащее вещество доставляется к горящим нефтепродуктам.

Подслоный способ тушения пожаров характеризуется рядом преимуществ. В процессе тушения пожара пеногенераторы не подвержены негативному воздействию поражающих факторов огня.

Под пенопроводами понимается система трубопроводов, проходящих внутри стенок емкостей. С помощью специальных насадок осуществляется закачка огнетушащего вещества внутрь резервуара.

В процессе подъема пены на поверхность нефтепродуктов происходит образование саморастекающейся пленки. Таким образом, значение температуры в области очага возгорания снижается. При этом происходит уменьшение интенсивности горения. Генерация огнетушащей пены производится внутри специальных баках-дозаторах. При наличии 1 или 2 резервуаров, объем которых не превышает  $5000\text{м}^3$ , в качестве источника огнетушащего вещества допускается применять пожарные машины.

Совместно со стационарными системами подслоного пожаротушения широко применяются системы охлаждения. Эти системы представляют собой оросительные трубопроводы и устройства, которые предназначены для распыления воды.

Выводы по второму разделу.

В процессе написания второго раздела ВКР был осуществлен выбор наиболее эффективных методов, которые применяются при тушении пожаров в условиях резервуаров и резервуарных парков с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли для ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук. Дан подробный анализ критериев оценки методов тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли. Также осуществлено подробное изучение территориальных, конструктивных особенностей и оперативно - тактичеcко характеристики резервуарного парка ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук. Дана комплексная оценка имеющихся пожарных рисков на рассматриваемом объекте. После этого было проведено сравнение нескольких вариантов тушения пожаров. На основании полученных результатов был сделан вывод о том, что тушение будет производиться воздушно-механической пеной. Подача огнетушащих средств может быть произведена при помощи стволов РС-70, ПЛС-20, Пурга-30., звеньями ГДЗС Магистральные линии будут проложены от АЦ установленных на ПГ. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы разработаны планы тушения пожаров по двум исследуемым вариантам.



### **3 Опытнo-экспериментальная апробация методов тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках с нефтепродуктами в нефтегазовой отрасли на примере ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук**

#### **3.1 Разработка мероприятий по организации тушения пожаров в резервуарном парке ООО «РН-Пожарная безопасность» г. Бузулук**

Разработаны следующие рекомендации для действий сотрудников пожарной охраны ООО «РН-Пожарная безопасность».

Рекомендации Руководителю тушения пожара (РТП) ООО «РН-Пожарная безопасность»:

- провести разведку пожара;
- совместно с специалистами «объектового штаба пожаротушения»  
выяснить:
  - а) предпринятые действия технологического персонала, наличие людей в зоне пожара, характер из нахождения в зоне;
  - б) количество хранящейся нефти как в горящем резервуаре, так и в соседних, возможность и целесообразность откачки нефти из резервуаров;
  - в) состояние обвалования резервуаров, возможность устранения излишне пролитой воды;
  - г) состояние имеющихся средств пожаротушения и охлаждения, горящего и группы соседних резервуаров, порядок их задействования;
  - д) состояние противопожарного водоснабжения, производственной канализации;
- определить решающее направление, боевые участки, назначить НБУ;
- немедленно организовать охлаждение горящего резервуара, по сосредоточению необходимого количества сил и средств организовать охлаждение соседних;

- организовать совместную работу Оперативного штаба пожаротушения ГПС и Объектового штаба пожаротушения;
- лично обеспечить и контролировать выполнение правил охраны труда и техники безопасности личным составом ГПС и других задействованных лиц;
- лично контролировать подготовку и порядок организации пенной атаки, определить порядок и места ввода стволов, пеноподъемников.

Начальник оперативного штаба ООО «РН-Пожарная безопасность» обязан руководить работой штаба, обеспечивая выполнение задач, в том числе:

- провести разведку пожара, выяснить у технологов наличие, количество нефти, порядок откачки, состояние обвалований резервуаров, наличие и состояние промышленной канализации, целесообразность и порядок откачки нефти из горящего и соседних резервуаров. Доложить выясненные данные РТП, доложить на ЦУС обстановку. Внести свои предложения, представить расчеты;
- организовывать взаимодействие Объектового штаба пожаротушения и Оперативного штаба пожаротушения ГПС, довести указания РТП до соответствующих участников тушения пожара, обеспечивать их регистрацию и контроль за исполнением;
- организовывать расстановку сил и средств;
- докладывать РТП и сообщать дежурному диспетчеру гарнизона оперативную информацию об обстановке на пожаре.
- вести регламентные документы оперативного штаба.

Для обеспечения успешной работы тыла на крупных пожарах начальник тыла должен:

- организовать встречу и расстановку на водоисточники прибывающих подразделений.
- организовать охрану и защиту рукавных линий на проезжей части дороги при необходимости перекрывает движение внутривозовского транспорта в районе пожара.
- принять меры к закреплению стволов, работающих на охлаждение и выводу личного состава в безопасную зону.

- вести постоянный контроль за состоянием газовой среды в зоне пожара, в пределах соседних резервуаров;
- обеспечивает через «Объектовый штаб пожаротушения»:
  - а) подвоз ГСМ;
  - б) запасы гравия, песка, земли;
  - в) подвоз пенообразователя с помощью заводской техники;
  - г) сосредоточение автотракторной техники;
  - д) питание (обогрев) личного состава ГПС;
  - е) сосредоточение людских резервов;
  - ж) создание механических, электрогазосварочных бригад, электриков, специалистов, отвечающих за водоснабжение объекта;
- обеспечить ведение соответствующей документации;
- разработать схемы доставки воды к месту пожара;
- определить места сосредоточения резервной техники и оборудования.

Разработаны следующие рекомендации для действий обслуживающего персонала во время пожара.

Разработаны рекомендации для действий обслуживающего персонала ООО «РН-Пожарная безопасность» во время пожара.

Первый заметивший аварию выходит из зоны аварии. Предупреждает об этом остальной рабочий персонал. Немедленно оповещает старшего оператора товарного.

Старший оператор товарный до прибытия Ответственного руководителя руководит работами по локализации и ликвидации аварийной ситуации. По оперативной телефонной связи оповещает диспетчера завода (в первую очередь, тел. 50-77, 52-50) и оператора установки очистки сточных вод цеха № 11 (тел. 52-51), дежурного электрика цеха № 1 (тел. 50-17), дежурного прибориста (тел. 53-10). Вызывает дежурный караул 4 ПЧ (тел. 01 или 79-50-20), ВГСО (тел. 04), обеспечивает им встречу и объясняет ситуацию. Предупреждает о необходимости прекращения всех огневых работ в районе трассы канализации, в которую произведен сброс нефтепродукта. Руководит работой персонала и обеспечивает правильность выполнения мероприятий по локализации и ликвидации аварийной ситуации. Определяет возможность

перевода «хода» и откачки нефтепродукта в другой резервуар ходового парка бензинов. Надевает средства индивидуальной защиты; обеспечивает перевод «хода» и откачку нефтепродукта. При невозможности перевода «хода» и откачки нефтепродукта в другой резервуар ходового парка бензинов обеспечивает перевод «хода» и откачку нефтепродукта в резервуары товарного резервуарного парка. Оповещает старших по смене технологически связанных установок цеха № 8 (№ 1 - тел.57-03, № 2 - тел. 57-12, № 4 - тел.57-22, № 9 - тел.57-66, изомеризации - тел.58-03) об аварии и при необходимости о переводе «хода» нефтепродукта в резервуары товарного резервуарного парка. Обеспечивает прекращение на территории резервуарного парка и в опасной зоне всех работ, не связанных с ликвидацией аварийной ситуации, эвакуацию персонала, не занятого в этих работах, и оказание первой помощи возможным пострадавшим. Организует ограничение разлива нефтепродукта, смывание его в канализацию.

Диспетчер производит оповещение должностных лиц, подразделений и организаций о произошедшей аварийной ситуации согласно схеме (Приложения №1, №2).

Начальник цеха № 5 (до его прибытия – старший товарный оператор) руководит работами по локализации и ликвидации аварийной ситуации. Оценивает оперативную обстановку. Организует оцепление опасной зоны. Контролирует правильность выполнения мероприятий по локализации и ликвидации аварийной ситуации. Организует эвакуацию персонала, не занятого в работах, связанных с ликвидацией аварийной ситуации, из опасной зоны и оказание первой помощи возможным пострадавшим. При необходимости организует прибытие к месту аварии спецтехники, ставит задачу водителям по откачке разлитого нефтепродукта и вывозу его в нефтеловушку; по укреплению обвалования путем его подсыпки грунтом; по ограничению площади разлива нефтепродукта. В случае дальнейшего развития аварии с возможными тяжелыми последствиями, совместно с начальником ПДО обеспечивает прекращение «хода» нефтепродуктов в ходовой парк.

Операторы товарные прекращают все работы, не связанные с локализацией и ликвидацией аварийной ситуации. Надевают средства

индивидуальной защиты. По указанию Ответственного руководителя производят необходимые переключения для перевода «хода» и перепуска нефтепродукта в другой резервуар. Закрывают задвижку на трубопроводе закачки в перелитый резервуар. Принимают меры для направления разлившегося нефтепродукта в канализацию. Оказывают первую помощь возможным пострадавшим. После ликвидации аварийной ситуации производят очистку территории парка.

Водители спецтехники выполняют указания Ответственного руководителя по поддержанию обвалования в исправном состоянии; предотвращению разлива нефтепродукта; по доставке необходимых материалов; по откачке разлитого нефтепродукта и вывозу его в нефтеловушку.

Бойцы дежурного отделения ВГСО (расчетное время прибытия и развертывания - 5 минут) принимают меры по эвакуации с установки персонала, не занятого в ликвидации аварийной ситуации. Определяют газоопасную зону, устанавливают предупредительные знаки «Осторожно – загазовано», «Стой – опасная зона», «Проход запрещен» и выставляют перед загазованным участком дежурные посты. Проводят систематический анализ воздушной среды в газоопасной зоне. Оказывают помощь дежурному караулу 4 ПЧ в развертывании передвижной пожарной техники.

Работники здравпункта немедленно выезжают по вызову на место и при необходимости оказывают первую медицинскую помощь пострадавшим.

Старшие операторы товарные технологически связанных установок, выполняют указания Ответственного руководителя.

Плану локализации и ликвидации аварий:

- направить к месту аварии и контролировать действия ВГСО и ФКУ ПЧ-4 ФПС ГПС (договорная);
- ввести запрет на допуск в опасные зоны посторонних лиц и транспортных средств, не принимающих участия в аварийных работах;
- ввести режим допуска на территорию газоопасных зон персонала и техники, участвующих в ликвидации аварии;
- установить порядок проведения огневых работ и применения технических средств при ликвидации разлива нефтепродукта;

- уточнить порядок ввода особого противопожарного режима, условия и маршруты эвакуации людей с территории, оказавшейся в опасной зоне;
- по прибытии к месту аварии ответственных лиц, при необходимости, передать им руководство работами по ликвидации аварии.

В целях концентрации усилий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, координации деятельности всех служб потенциально опасных объектов производственного и социального назначения, во исполнение Постановления Правительства РФ от 30.12.2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации последствий аварий на объекте» на предприятии приказом от 13.02.13 г. № 00066/1 создан координирующий орган РСЧС: комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (КЧС и ОПБ), возглавляемая директором.

Органами повседневного управления РСЧС являются дежурно - диспетчерские службы и специализированные подразделения предприятия. Для выполнения инженерно-технических, медицинских и других специальных мероприятий гражданской обороны и защиты территории, и населения от чрезвычайных ситуаций, подготовки для этого сил и средств, а также для обеспечения действий НАСФ в ходе проведения спасательных и других неотложных работ на предприятии созданы службы ГО.

### **3.2 Экономическое обоснование разработанных решений**

Под оценкой эффективности разработанной системы понимают процесс, состоящий из доказательства, описания, выражения того, насколько эффективным в экономическом плане стало внедрение разработанной системы связи для организации. А полезность описывается в виде классического денежного эквивалента той разницы прибыли/убытков компании по итогу инвестиций в новую систему.

Методом расчет уровня эффективности становится способ или средство реализации совокупной оценки. Подобные способы включают формальные и неформальные процедуры, причем неформальные производятся на основании

цифровых данных, субъективных и быстрых процедур оценки. Но более объективные, рациональные, основанные на простых данных принципы оценки.

### 3.2.1 Оценка возможных потерь

Оценка материальных потерь от первого сценария пожара приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Оценка материальных потерь от первого сценария пожара

| Наименование<br>Повреждённого имущества           | Количество | Стоимость руб. | Ущерб руб. |
|---|------------|----------------|------------|
| Резервуар РВС – 5000                              | 1 шт.      | 7500000        | 7500000    |
| Устранение пожара и его экологических последствий | -          | 2500000        | 2500000    |
| Всего   |            |                | 10000000   |

Оценка материальных потерь от второго сценария пожара приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Оценка материальных потерь от второго сценария пожара

| Наименование<br>повреждённого имущества           | Количество | Стоимость руб. | Ущерб руб. |
|---|------------|----------------|------------|
| Резервуар РВС – 5000                              | 1 шт.      | 7500000        | 7500000    |
| Устранение пожара и его экологических последствий | -          | 1200000        | 1200000    |
| Всего   |            |                | 8700000    |

### 3.2.2 Стоимость систем и средств пожаротушения

Определим стоимость систем и средств пожаротушения по каждому из двух вариантов сценария пожара.

Оценка стоимости систем и средств пожаротушения для первого варианта приведены в таблице 16.

Таблица 16 - Определим стоимость систем и средств пожаротушения для первого варианта тушения пожара

| Площадь пожара                           | Требуемый расход огнетушащих веществ, л с <sup>-1</sup> | Количество Приборов подачи огнетушащих веществ, шт. | Необходимый запас огнетушащих веществ, л  | Количество пожарных машин, основных/специальных шт. |
|--|---|---|---|---|
| $S_{п}=S_{т}=120 \text{ м}^2$            | 96,2  | ПУРГА-30 – 1<br>ПЛС – 2, РС-70 – 5                  | $V_{п.о.} - 3240$<br>$V_{вода} - 1713960$ | А.Ц. – 6; А.Ш. – 1                                  |
| Стоимость систем и средств пожаротушения |   | 307000  | 12300                                     | 76000   |

Оценка стоимости систем и средств пожаротушения для второго варианта приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Определим стоимость систем и средств пожаротушения для второго варианта тушения пожара

| Площадь пожара                           | Требуемый расход огнетушащих веществ, л с <sup>-1</sup> | Количество Приборов подачи огнетушащих веществ, шт. | Необходимый запас огнетушащих веществ, л  | Количество пожарных машин, основных/специальных шт. |
|--|---|---|---|---|
| $S_{п}=S_{т}=120 \text{ м}^2$            | 82,2  | «Антенор-2000»                                      | $V_{п.о.} - 3240$<br>$V_{вода} - 1394280$ | А.Ц. – 5; А.Ш. – 1                                  |
| Стоимость систем и средств пожаротушения |   | 225000  | 10600                                     | 62000   |

### 3.2.3 Оценка стоимость проектной деятельности по разработке планов тушения пожаров



Расчет расходов на оплату труда включает расчет по тарифу и расчет дополнительных расходов.

Данные сведены в таблицу 18.

Таблица 18 - Расходы на оплату труда по тарифу

| Персонал             | Общая трудоемкость, $T_{\text{Общ}}$ , час | Оклад исполнителя, $O$ , руб./мес. | Часовая тарифная ставка, ЧТС, руб./час | Расходы на оплату труда, $P_{\text{ОТ}}$ , руб. |
|----------------------|--|------------------------------------|--|---|
| Руководитель проекта | 55   | 50 000,0                           | 284,1                                  | 15625,5   |
| Инженер              | 169  | 30 000,0                           | 170,5                                  | 28806,9   |
| Итого                |  |                                    |  | 44432,4   |

Формулы, по которым ведется расчёт, приведены ниже:

$$\text{ЧТС}_i = O_i / F_{\text{ПЛ, Мес.}} \quad (21)$$

$$F_{\text{ПЛ, Мес.}} = D \cdot \text{Ч}_{\text{Дн, Мес.}} \quad (22)$$

где  $D$  – длительность рабочего дня – 8 часов;

$\text{Ч}_{\text{Дн, Мес.}}$  – количество рабочих дней месяца – 22 дня;

$F_{\text{ПЛ, Мес.}}$  – величина месячной оплаты труда.

$$P_{\text{ОТ } i} = \text{ЧТС}_i \cdot T_{\text{Общ } i} \quad (23)$$

$$P_{\text{ОТ}}^{\text{тариф}} = \sum P_{\text{ОТ } i} \quad (24)$$

где  $T_{\text{Общ } i}$  – общий фонд трудового времени;

$P_{\text{ОТ } i}$  – тариф на оплату труда для соответствующего рабочего.

Расчет производится исходя из следующих формул:

$$P_{\text{ОТ}}^{1.1} = P_{\text{ОТ}}^{\text{тариф}}; \quad (25)$$

$$P_{\text{ОТ}}^{1.2} = 0,14 \cdot P_{\text{ОТ}}^{1.1}; \quad (26)$$

$$P_{OT}^{1.3} = 0,5 \cdot P_{OT}^{1.1}; \quad (27)$$

$$P_{OT}^{1.4} = 0,15 \cdot (P_{OT}^{1.1} + P_{OT}^{1.2} + P_{OT}^{1.3}); \quad (28)$$

$$P_{OT}^1 = P_{OT}^{1.1} + P_{OT}^{1.2} + P_{OT}^{1.3} + P_{OT}^{1.4}; \quad (29)$$

Получим:

$$P_{OT}^{1.1} = 44432,4 \text{ руб.}$$

$$P_{OT}^{1.2} = 0,14 \cdot 44432,4 = 6220,6 \text{ руб.}$$

$$P_{OT}^{1.3} = 0,5 \cdot 44432,4 = 22216,2 \text{ руб.}$$

$$P_{OT}^{1.4} = 0,15 \cdot (44432,4 + 6220,6 + 22216,2) = 10930,38 \text{ руб.}$$

$$P_{OT}^1 = 44432,4 + 6220,6 + 22216,2 + 10930,38 = 83799,58 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 19.

Таблица 19 - Дополнительные расходы на оплату труда

| Наименование статей расходов  | Сумма, руб. |
|---|-------------|
| Расходы на оплату труда по тарифу ( $P_{OT}^{1.1}$ )  | 44432,4000  |
| Резервирование средств на оплату отпусков и другие выплаты по законодательству ( $P_{OT}^{1.2}$ ) | 6220,6000   |
| Премиальные выплаты ( $P_{OT}^{1.3}$ )  | 22216,2000  |
| Зональный коэффициент ( $P_{OT}^{1.4}$ )  | 10930,3800  |
| Итого: Расходы на оплату труда ( $P_{OT}^1$ )   | 83799,5800  |

Выплаты по единому социальному налогу (ЕСН).

Данная статья рассчитывается по следующей формуле:

$$ЕСН = P_{OT}^1 \cdot C_{ЕСН} / 100, \quad (30)$$

где  $C_{ЕСН}$  – ставка ЕСН (30%).

Расчеты:

$$ЕСН = 83799,5800 \cdot 30 / 100 = 25139,874 \text{ руб.}$$

Статья «Расходы на материалы».

В данную статью включается стоимость материалов, расходуемых при составлении планов помещений, схем технических коммуникаций, связи, организации охраны, доступа и пр., а так же стоимость материалов, необходимых для оформления документации.

Расходы по данной статье принимаются – 1000 р.

Статья «Прочие расходы».

Эта статья предусматривает расходы, не учтенные в других статьях затрат. Расчет расходов определяется по формуле:

$$P_{\text{ПР}} = P_{\text{ОТ}}^{1.1} \cdot K_{\text{ПР}}, \quad (31)$$

где  $K_{\text{ПР}}$  – коэффициент прочих расходов (равен 0,2).

Расчеты:

$$P_{\text{ПР}} = 0,2 \cdot 44432,4 = 8886,48 \text{ руб.}$$

Статья «Административно – хозяйственные расходы».

В этой статье учитываются затраты организации-разработчика на содержание аппарата управления, обслуживающего персонала, содержание зданий и сооружений, текущий ремонт, расходы на отопление и освещение и другие общехозяйственные расходы:

$$P_{\text{А-Х}} = P_{\text{ОТ}}^{1.1} \cdot K_{\text{А-Х}}, \quad (32)$$

где  $K_{\text{А-Х}}$  – коэффициент административно – хозяйственных расходов (равен 0,5).

Расчеты:

$$P_{\text{А-Х}} = 44432,4 \cdot 0,5 = 22216,2 \text{ руб.}$$

Смета расходов на разработку проекта представлена ниже.

Таблица 20 - Смета расходов на разработку проекта

| Наименование статей расходов              | Сумма, руб. | Удельный вес статей, % |
|---|-------------|------------------------|
| 1 Расходы на оплату труда                 | 83799,5     | 59,6                   |
| 2 Единый социальный налог (ЕСН)           | 25139,8     | 17,9                   |
| 3 Расходы на материалы                    | 1000,0      | 0,3                    |
| 4 Прочие расходы                          | 8886,4      | 6,4                    |
| 5 Административно – хозяйственные расходы | 22216,2     | 15,8                   |
| Итого:                                    | 141542,1    | 100                    |

Итого, с учетом затрат на проектную деятельность итоговые расходы по сценариям:

1. Для сценария 1:  $3200000+12300+76000+140573=3428873$  руб.
2. Для сценария 2:  $2500000+10600+62000+140573=2713173$  руб.

### 3.2.4 Расчёт показателей экономической эффективности проекта

В общем понимании экономическая эффективность (Е) есть отношение результата (Р) и затрат (З), необходимых для достижения этого результата:

$$E=P/Z. \quad (33)$$

Экономический эффект (Э):

$$\text{Э}=P-Z. \quad (34)$$

Согласно затратам, на ликвидацию последствий пожара на объекте и затратам на предупреждение данной ЧС экономическая эффективность будет составлять:

1. Для сценария 1:  $E=1000000/3428873=2,91$ .
2. Для сценария 2:  $E=8700000/3428873=2,53$ .

Экономический эффект будет составлять:

1. Для сценария 1:  $\Delta = 10000000 - 3428873 = 6571127$  руб.

2. Для сценария 2:  $\Delta = 8700000 - 3428873 = 5271127$  руб.

Выводы по третьему разделу.

Третий раздел выпускной квалификационной работы посвящена планированию и оценке обстановки в случае возникновения пожаров в резервуарном парке хранения нефти ООО «РН-Пожарная безопасность». В заключительном разделе работы произведена оценка возможных причин возникновения пожаров и разработка вероятных сценариев для ООО «РН-Пожарная безопасность». Так же разработаны мероприятия по организации тушения пожаров в резервуарном парке хранения нефти. По результатам принято решение, что тушение будет производиться воздушно-механической пеной. Подача огнетушащих средств может быть произведена при помощи стволов РС-70, ПЛС-20, Пурга-30., звеньями ГДЗС Магистральные линии будут проложены от АЦ установленных на ПГ. Так же в заключении рассчитан экономический эффект по предложенным вариантам тушения пожаров.

## Заключение

Для успешного тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на нефтегазовых объектах требуется проведение совместных тренировок, пожарно-тактических учений, обеспечение необходимого взаимодействия и эффективные методы подготовки подразделений и гарнизонов, а также сил РСЧС.

При изучении вопросов организации тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайной ситуации на предприятиях, необходимо анализировать не только источники нормативно-правовой базы, но и публикации в периодических изданиях известных ученых, авторов проектов, которые рассматривают данные проблемы и пути их решения на современном этапе с применением современных средств профилактики и средств ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Глобальные ситуации с техносферной безопасностью в общем и целом и в частности в промышленности, в мировом масштабе, в соответствии с имеющейся статистикой выглядит следующим образом: неравномерная динамика изменения количества пожаров и их последствий не позволяет говорить о каком-либо устойчивом тренде, во всяком случае, о положительном точно. Разнонаправленность изменения по годовым показателям количества пожаров по типам, причинам и последствиям усложняет анализ, направленный на выявление системных причин не позволяющих, при всех прилагаемых усилиях, выйти на устойчивое снижение количества пожаров и минимизацию их последствий.

Проблемы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации приобретают все большее значение. Эти проблемы тесно связаны с проблемами экономической, социальной, техногенной и экологической безопасностей, являются взаимосвязанными и взаимозависимыми. Сложная пожароопасная обстановка в России заставляет постоянно работать на предупреждение, профилактику [5].

По завершению выполнения данной выпускной квалификационной работы получены следующие результаты:

- произведен анализ теоретических аспектов организации тушения пожаров в резервуарных парках;
- исследовано современное состояние разработки в области тушения резервуаров хранения нефти;
- дана общая характеристика объекта;
- исследованы территориальные и конструктивные особенности объекта;
- произведено исследование резервуарного парка;
- произведена оценка возможных причин возникновения пожаров и разработка вероятных сценариев пожара на объекте;
- произведен расчет сил и средств, необходимых для тушения пожаров в резервуарном парке;
- произведена разработка мероприятий по организации тушения пожаров в резервуарном парке;
- рассчитан экономический эффект по предложенным вариантам тушения пожаров.

По завершению работы необходимо отметить, что все поставленные задачи решены, цель выпускной квалификационной работы в полной мере достигнута.

## Список используемых источников

1. Волков О.М., Проскуряков Г.А. Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефтепродуктов. М.: НЕДРА, 2011. 271 с.
2. Вредные вещества в промышленности: Справочник: В трех т.: Т.1: Органические вещества. Под ред. Н.В. Лазарева и Э.Н.Левиной. – 7-е изд., перераб. И доп. – Л.: Химия, 2016. 455 с.
3. Гордиенко Д.М. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов и наружных установок. М.: ВНИИПО, 2015. 421 с.
4. Исаева Л.К. Основы экологической безопасности при техногенных катастрофах. Учебное пособие / - М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. 156 с.
5. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник. Часть 1 и 2. М.: Пожнаука, 2014 г. 774 с.
6. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. М.: МЧС России, 2016. 121 с.
7. Правила изготовления взрывозащищенного электрооборудования (ПИВЭ). М.: Энергия, 1993. 137 с.
8. Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования (ПИБРЭ). – М.: Энергия, 1999. 242 с.
9. Правила устройства электроустановок. 7-й выпуск. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2016. 854с.
10. Петров И.С., Озеров С.Ю. Проблемы экологии в нефтепереработке и нефтехимии – М.: Химия, 2015. 180с.
11. РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах.
12. СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничения распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.



13. СП 5.13130.2009 Система противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические (с изменением №1 от 20.06.2011).

14. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с изменением №1 от 01.02.2011).

15. Справочник нефтехимика: в 2-х т. / Под общ. Ред. С.К. Огородникова. – Л. Химия. 2010. – 327 с.

16. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 29.07.2017). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 12.05.2020).

17. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9028718> (дата обращения: 12.05.2020).

18. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от от 21.07.1997 №116 (с изменениями на 29 июля 2018 года) URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (дата обращения: 12.05.2020).

19. Хорошилов О.А., Пелех М.Т., Бушнев Г.В., Иванов А.В. Пожарная безопасность технологических процессов. Учебное пособие/ под общей редакцией В.С. Артамонова – СПб.: Санкт - Петербургский институт ГПС МЧС России, 2014. 300 с.

20. Шароварников, А.Ф. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / А.Ф. Шароварников, В.П. Молчанов, С.С. Воевода, А.С Шароварников. - М.: Издательский дом «Калан», 2016. 448 с.

21. Шароварников, А.Ф. Научное обеспечение противопожарной защиты объектов переработки, хранения и транспортировки нефти /А.Ф. Шароварников. Юбилейный сборник трудов Академии ГПС МЧС России. Под ред. Е.А. Мешалкина.-М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. 172 с.

22. Швырков С.А. Статистика квазимгновенных разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов / С.А. Швырков, С.А. Горячев, В.П. Сорокоумов и др. // Пожаровзрывобезопасность.-2017.-Т. 16. - №6. – С. 48-52.

23. Швырков С.А., Батманов С.В. Анализ последствий чрезвычайных ситуаций при разрушениях резервуаров на объектах топливно-энергетического комплекса // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2018.- № 4. – С.2-8.

24. Швырков С.А. Современная концепция защитных сооружений резервуаров и резервуарных парков от разлива нефти и нефтепродуктов. Актуальные проблемы пожарной безопасности: Материалы Международной науч.-практ.конф. – Ч. 1. – М.: ВНИИПО, 2016. – С. 242-245.

25. Boyce, K. E. Egress Capabilities of People with Disabilities: PhD thesis / K. E. Boyce. - University of Ulster, 2016.

26. Beard, A. N. A Logic Tree Approach to the Fairfield Home Fire / A. N. Beard // Fire Technology, 2001, vol. 17, No. 1, pp. 25-39.

27. Berlin, G. N. Modeling emergency evacuation from Group Homes / G. N. Berlin, A. Dutt, S. M. Gupta // Fire Technology, 2002, vol. 18, No. 1, pp.38-49.

28. Bish, D. R. Decision support for hospital evacuation and emergency response / D. R. Bish, E. Agca, R. Glick // Springer Science Business Media. - August 2016, pp. 89-106.

29. Thompson, P. Evacuation models are running out of time / P. Thompson, D. Nilsson, K. Boyce, D. McGrath // Fire Safety Journal. - 2015, pp. 251-261.

30. Samochine, D. A. Toward an understanding of the concept of occupancy in relation to staff behaviour in fire emergency evacuation of retail stores: PhD Thesis / D. A. Samochine. - University of Ulster, 2014. - 228 p.

31. Филиппов А.С. РАЗВИТИЕ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ В РОССИИ // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. I междунар. науч.-практ. конф. № 2(45). – Новосибирск: СибАК, 2020. – С. 69-73. URL: [https://sibac.info/files/2020\\_02\\_26\\_Nauka/2%2845%29.pdf](https://sibac.info/files/2020_02_26_Nauka/2%2845%29.pdf).

32. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 10.05.2020).

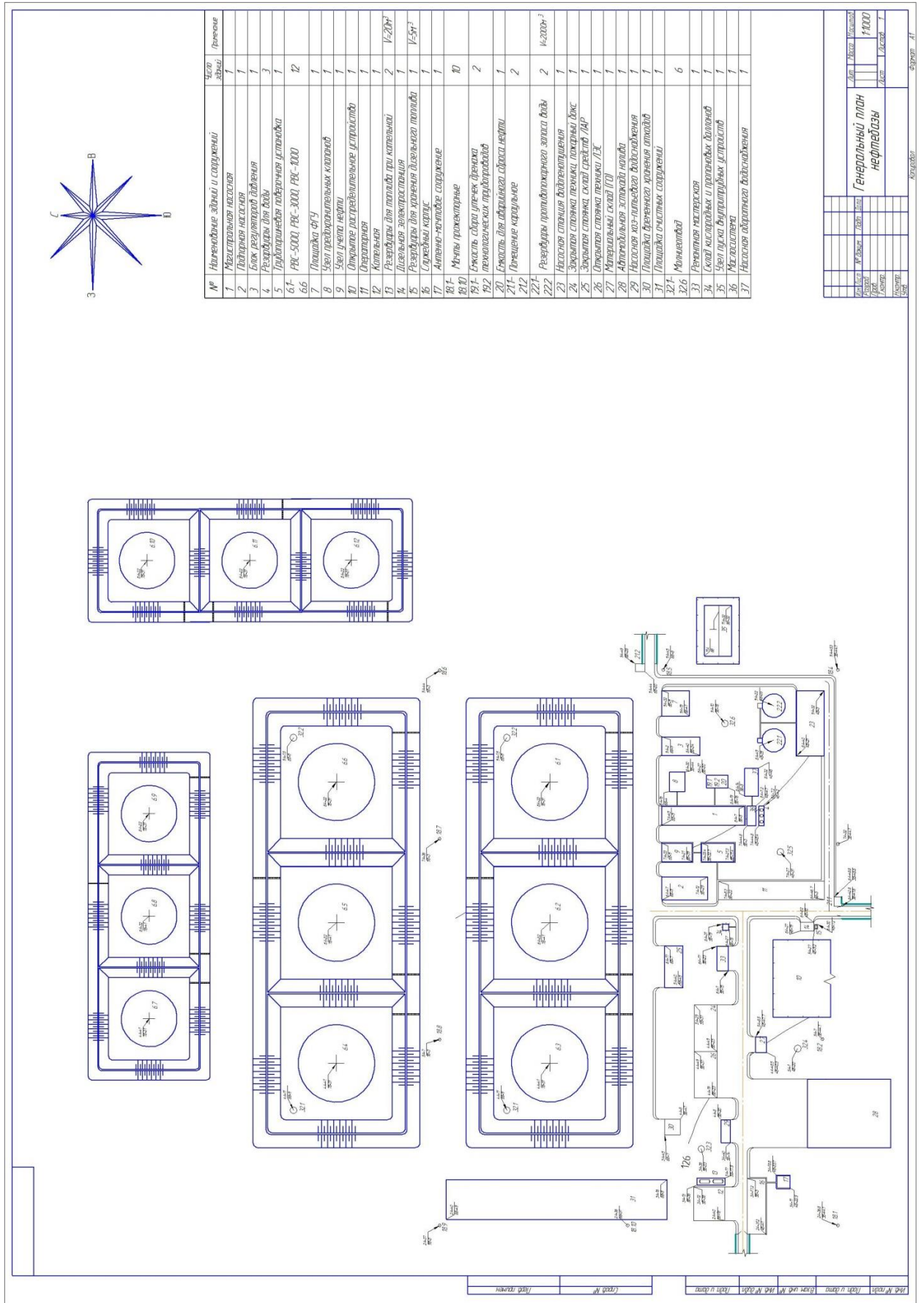
33. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах».

34. Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинения вреда в результате аварии на объекте [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 27.07.2007 № 225-ФЗ URL: <https://fssp.gov.ru/law2/> (дата обращения: 10.05.2020).

35. Приказ МЧС России от 18.06.2003 № 314 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» Данный приказ, дает нам определение категорий помещений, и их классификацию.

36. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ URL: <https://base.garant.ru/11900785/> (дата обращения: 10.05.2020).

# Приложение А Генеральный план





# Приложение В Схема расстановки сил и средств

