

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управления пожарной безопасности

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Анализ пожарной опасности и разработка мероприятий направленных на обеспечение пожарной безопасности и технологического процесса хранения нефтепродуктов на нефтебазе (на примере ООО «СО «Тверьнефтепродукт» г. Тверь)

Студент

К. А. Кирсеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.п.н., профессор Н. П. Бахарев

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ТЕРМИНЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	9
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	10
1 Анализ причин возникновения пожаров на нефтебазах.....	11
1.1 Анализ отечественных и зарубежных источников пожарной опасности нефтебаз.....	11
1.2 Общие сведения о предприятии.....	19
1.3 Анализ пожарной безопасности в резервуарном парке	23
2 Теоретические исследования и разработка научно-технического проекта обеспечения пожарной безопасности.....	33
2.1 Методы оценки определения пожарного риска.....	33
2.2 Расчет сил и средств тушения пожара.....	52
2.3 Разработка научно-технического проекта обеспечения пожарной безопасности.....	60
3 Экспериментальные исследования, подтверждающие повышение уровня обеспечения пожарной безопасности и технологического процесса хранения нефтепродуктов на нефтебазе.....	66
3.1 Исследование в форме математического моделирования процессов при перекачке жидкости.....	66
3.2 Комплекс неотложных мероприятий по повышению устойчивости объекта к возникновению и развитию пожара.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	80
Приложение А Схема расположения объекта на местности.....	85
Приложение Б Схема расстановки сил и средств осуществления проведения пенной атаки.....	86
Приложение В Резервуар для аварийного слива топлива.....	87

ВВЕДЕНИЕ

Масштаб негативны социально — экономических последствий техногенных аварий и пожаров ставит проблему предупреждения чрезвычайных ситуаций. Обеспечение безопасности населения, хозяйственных объектов и окружающей среды актуальные вопросы современности.

Особую опасность для пожаров представляют промышленные предприятия, действующие в пределах плотной застройки населенных пунктов [29].

В настоящее время российская нефтяная промышленность играет значительную роль в экономике нашей страны, составляя значительную часть ВВП и значительную долю налоговых поступлений. Отсюда следует, что развитие совершенствования этой отрасли крайне необходимо. В то же время основной задачей нефтяной промышленности является извлечение, хранение и подготовка больших объемов нефти, которая является чрезвычайно горючим веществом. Высокая пожарная опасность нефти обуславливает высокую возможность пожара при возникновении тех или иных чрезвычайных ситуаций, а также высокую скорость развития пожара на территории нефтедобывающего предприятия. Наличие больших объемов ЛВЖ и ГЖ на небольшой площади предполагает возможность возникновения крупных пожаров и взрывов с тяжелыми последствиями, приводящими к большим экономическим потерям, экологическим катастрофам и, самое главное, к многочисленным жертвам среди населения [35].

Существует 3 причины, очень высокой пожарной опасности нефтедобывающих предприятий в нашей стране. Во-первых, происходит быстрое применение современных, более продуктивных методов добычи, хранения и подготовки нефти. Во-вторых, добыча нефти организована в северных регионах нашей страны и на континентальном шельфе в северных

широтах. Эти два фактора требуют применение новейших и самых современных методов предупреждения и защиты от возникновения пожара на объектах нефтяной промышленности. Ситуация осложняется наличием третьего фактора – устаревшей нормативно правовой базы состояния защищенности объектов на этих объектах отрасли. Огромное количество документов были разработаны в семидесятые – восьмидесятые годы двадцатого века и не учитывают, как новейшие разработки, полученные в последние годы, так и методы современной добычи, хранения и подготовки нефти.

При формировании современной конструкции емкостей для хранения нефтепродуктов выделяются два фактора, имеющих существенное значение для предотвращения опасности в промышленности от пожаров. Первый фактор — значительное увеличение объема отдельных резервуаров и второй фактор — изменение конструкции резервуаров, связанное с их геометрическими пропорциями.

Самый большой объем резервуаров, эксплуатируемых в нашей стране, составляют сто тысяч кубометров. В настоящее время рассматривается вопрос о строительстве резервуаров объемом до ста двадцати тысяч кубометров. Если диаметр резервуара в 50000 м^3 составляет около шестидесяти метров, то резервуар в 120000 м^3 имеет диаметр около девяноста метров, а площадь зеркала составляет 2800 м^2 и 6900 м^2 соответственно [31].

Фактический анализ по тушению пожаров в резервуарах и на нефтебазах показывает, что все пожары были потушены с помощью мобильной пожарной техники. Как показывает практика, системы пожаротушения отключаются при первом возникновении пожара или взрыва. Поэтому впервые 30 минут, тушения пожара осуществляется личным составом с помощью водяных стволов.

В настоящее время в России сотни тысяч резервуаров эксплуатируются на производственных объектах, расположенных в пределах плотной

застройки населенных пунктов или граничащих с природными объектами, в связи, с чем они относятся к группе особо опасных предприятий.

Пожарная безопасность и мероприятия, направленные на состояние защищенности объекта от пожара на производстве, являются одной из основных задач, руководителей предприятий. Освоение новых технологических процессов, изменения технологии производства зачастую сопровождается повышением их пожарной опасности.

Актуальность и научная значимость настоящего исследования

Аварийные ситуации и пожары при транспортировке нефти и её продукции возникают, как правило, в местах перелива и перекачки из одних ёмкостей в другие. Последствия таких аварий наносят значительный экономический ущерб, экологический вред окружающей среде и сопровождаются человеческими жертвами. Решение проблемы исключения подобных аварий или разработка проектов, позволяющих снизить уровень их возникновения, является актуальным в настоящее время в нефтегазовой промышленности.

Научная значимость исследования заключается в разработке устройства аварийного слива нефтепродуктов. Разработки критериев анализа, причин пожаров на предприятиях нефтепереработки. Выявление наиболее распространенных причин и разработок мероприятий по повышению эффективности тушения пожаров резервуарных парках.

Объект исследования: процесс перелива или перекачки нефти в резервуарном парке ООО «Сбытовое объединение «Тверьнефтепродукт».

Предмет исследования: устройства и конструкции емкостей для аварийного слива топлива и аппаратуры управления аварийным сливом.

Цель исследования: снижение уровня возникновения аварийных ситуаций и повышение безопасности в резервуарном парке. На основе разработки проекта, оснащения сливо-наливной эстакады подземной цистерной для аварийного слива топлива и аппаратурой управления аварийным сливом.

Гипотеза исследования состоит в том, что если: осуществить разработку мероприятий по усовершенствованию дополнительных противопожарных мероприятий, то повысится безопасность предприятия, объектов экономики и природы, которые могут оказаться в зоне опасного воздействия гидродинамической волны и сопутствующих ей опасных факторов пожара.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать отечественные и зарубежные источники пожарной опасности нефтебаз;
- провести анализ пожарной безопасности в резервуарном парке ООО «Сбытовое Объединение «Тверьнефтепродукт»;
- разработать методы оценки определения пожарного риска;
- произвести расчет сил и средств тушения пожара в резервуарном парке ООО «Сбытовое Объединение «Тверьнефтепродукт»;
- разработать научно-технический проект обеспечения пожарной безопасности и технологического процесса хранения нефтепродуктов на нефтебазе;
- провести экспериментальные исследования в форме математического моделирования процессов при перекачке жидкости;
- разработать комплекс неотложных мероприятий по повышению устойчивости объекта к возникновению и развитию пожара.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: экономические, фундаментальные, научно – технические аспекты пожарной безопасности, отраженные в работах отечественных исследователей (Дорошенко Ф.Е., Житенева В. В., Зайченко Н. В., Казаков М. В., Кутателадзе С. С., Кутепов М. А., Лавров Н. В., Швырков С. А.). Нормативные, правовые, законодательные документы РФ, в области пожаротушения на предприятиях переработки и хранения нефти.

Для обоснования поставленных вопросов проанализировано большое количество теоретических исследований. В работе использованы проведения русских исследований. В работе использованы проведения отечественных авторов, также рассматривались научные труды зарубежных ученых.

Базовыми для настоящего исследования явились также: законы гидравлики, на основе которых, обеспечивается быстрый перелив нефтепродуктов.

Методы исследования: в ходе работ над теоретической частью диссертации были использованы следующие методы: наблюдение и сравнение, сбор данных.

В практической части исследования был использован метод математического моделирования.

Опытно-экспериментальная база исследования Общество с ограниченной ответственностью «Сбытовое объединение «Тверьнефтепродукт».

Научная новизна исследования заключается в разработке технологического устройства, предназначенного для отбора топлива из аварийного резервуара.

Теоретическая значимость исследования заключается в: возможности использования результатов исследований в деятельности Сбытового Объединения «Тверьнефтепродукт». Выводы и результаты исследования могут быть использованы на различных объектах в субъектах Российской Федерации.

Практическая значимость исследования заключается в разработке устройства предназначенного для аварийного слива нефтепродуктов. Разработки критериев, анализа, причин пожаров на предприятиях нефтепереработки, с выявлением наиболее распространенных. Разработка мероприятий по повышению эффективности тушения пожаров резервуарных парках.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

Основные положения, выводы, сформулированные в диссертации, подкреплены фактическими данными, наглядно представлены в приведенных таблицах и рисунках.

Материалы диссертации рассматривались и обсуждались на кафедре «Управление промышленной и экологической безопасностью» (ТГУ, г. Тольятти).

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в выполнении теоретических и экспериментальных исследованиях, а также разработки проекта устройства, предназначенного для аварийного слива нефтепродуктов.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующей конференции:

- научно-практическая конференция «Инновационные технологии - 2019», состоявшаяся 15 июня 2019 года, в городе Пермь.

На защиту выносятся:

- разработанный научно-технический проект обеспечения пожарной безопасности и технологического процесса хранения нефтепродуктов на нефтебазе;

- разработанный план расстановки сил и средств осуществления проведения пенной атаки на случай возникновения возгорания в резервуарном парке.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 8 рисунков, 25 таблиц, список использованной литературы (37 источника), 3 приложения. Основной текст работы изложен на 77 страницах.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей работе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Зона пожара – территория, на которой существует угроза причинения вреда жизни и здоровью граждан, имуществу физических и юридических лиц в результате воздействия опасных факторов пожара или действий, осуществляемых для тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожара.

Огнетушащие вещества – вещества, обладающие физика – химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения.

Пожарная безопасность – защищенность государства, объекта, граждан, имущества от пожаров.

Объект пожарной безопасности – состояние объекта охраны, характеризующееся возможностью предотвращения возникновения и развития пожара.

Противопожарный разрыв – нормированное расстояние между зданиями и сооружениями, устанавливаемое для предотвращения распространения огня.

Противопожарное водоснабжение – это комплекс мероприятий по обеспечению водой различных потребителей для тушения пожара.

Резервуар – емкостное сооружение для хранения жидкостей или газов.

Стволы пожарные – устройство для образования струй пены и воды направления их в зону горения.

Силы и средства пожарной охраны – личный состав гарнизона пожарной охраны, пожарно-спасательное оборудование, средства связи и управления, средства пожаротушения.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

ГЖ – горючая жидкость;

ГОСТ – государственный стандарт;

ГУГПС – главное управление государственной противопожарной службы МЧС РФ;

ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкости;

ЛРН – ликвидация разливов нефтепродуктов

ПДК – предельно допустимая концентрация;

РН – разлив нефтепродуктов;

СП – свод правил;

ТВС – топливно-воздушная смесь;

СП – свод правил

ТВС – топливно-воздушная смесь;

ФЗ – Федеральный закон;

ЧС (Н) – чрезвычайная ситуация, обусловленная разливом нефти или нефтепродуктов.

1 Анализ причин возникновения пожаров на нефтебазах

1.1 Анализ отечественных и зарубежных источников пожарной опасности нефтебаз

Пожарная безопасность – это сложная проблема, требующая нестандартных, инновационных подходов к ее решению [16].

Пожар – горение неконтролируемое, которое невозможно спланировать для каждого конкретного объекта. Трудности обусловлены различными, объективными (природными, географическими, экономическими факторами) и субъективными условиями территорий [16].

Современные нефтебазы представляют собой сложные комплексы инженерно – технических сооружений, связанных технологическими процессами, обеспечивающими хранение, поставки и прием нефтепродуктов потребителям.

На нефтебазах выполняются операции:

- перекачка нефти и нефтепродуктов в больших количествах, реализация покупателю через сеть филиалов и АЗС,
- прием нефти и нефтепродуктов из магистральных и распределительных трубопроводов, нефтеналивных судов и барж, железнодорожных цистерн.

Бесперебойное снабжение промышленности, транспорта, сельского хозяйства и других, нефтепродуктами в необходимом ассортименте и количестве. Сохранение качества нефтепродуктов, а также снижение потерь при хранении, приеме и реализации – основное назначение нефтебаз в настоящее время [16].

Статистические данные о пожарах в нефтеперерабатывающей, нефтяной и нефтехимической промышленности, а также в процессе нефтепродуктообеспечения указывают на то, что около 85 %

зарегистрированных пожаров произошло в цистернах, которые заполнены бензином и нефтью более чем на половину [34].

Все большее количество возгораний этих нефтепродуктов, особенно бензина, происходило в цистернах с понтоном.

Значительное количество пожаров в железобетонных резервуарах свидетельствует об их низком уровне защиты от пожара. Возгорания с дизельным топливом и керосином почти не зафиксированы.

Пожары и взрывы в цистернах с мазутом происходят чаще. Примерно половина всех пожаров происходила в рабочих резервуарах. Но лишь небольшое их количество произошло в исключительных случаях, не связанных с технологическим процессом нефтебазы (взрыв на технологическом оборудовании, расположенном рядом, поджог).

Наиболее крупными пожарами являются те, которые происходят в резервуарах, связанных с хранением, добычей, транспортировкой и перекачкой углеводородного топлива за счет принципа «домино».

Распределяются пожары по видам хранимой продукции следующим образом: 54,6 % - цистерны с бензином, 30,5% - цистерны с сырой нефтью и 14,9 % цистерны с другими нефтепродуктами. Чаще всего пожары в резервуарах возникают на распределительных нефтебазах – 49,1 %, нефтеперерабатывающих заводах – 26,3 %, нефтепромыслах – 13,9 %, резервуарах – 10,7 % [36].

Наиболее опасным для пожаров является весенний и летний период. На этот период времени приходится примерно 75 % от общего количества пожаров.

Пожарные подразделения в зимний период работают интенсивнее. В резервуарах средняя продолжительности тушения пожаров зимой составляет 8,6 часа, при температуре ниже 25 градусов, продолжительность тушения пожаров возрастает до 10 часов, весной и осенью – 6,5 часа, летом – 5,5 часа. Значительная часть пожаров, которые случаются зимой, занимают больше времени и требуют большего количества средств и сил.

Пожары, произошедшие на объектах нефтяной промышленности, связанные с выбросом в окружающую среду мощного теплового излучения, токсичных продуктов горения и огнетушащих веществ наносят значительный ущерб экологии.

При сгорании нефти и нефтепродуктов выделяется азот, диоксид серы, окись углерода, углекислый газ, сажа и другие. Чем выше плотность нефтепродукта, тем выше их содержание в продуктах горения.

Проанализировав причины возникновения за рубежом и на территории России, выявлены основные причины, которые способствуют возникновению пожаров на нефтебазах.

Пожары подразделяются:

- пожары на работающих резервуарах без нарушения технологического процесса;

- пожары от атмосферного электричества. Они в свою очередь подразделяются на пожары, которые возникают при ударах молний в резервуар и пожары, возникающие при вторичных проявлениях атмосферного электричества (статистическое электричество в воздухе с последующим появлением искр);

- Пожары, возникающие от самовозгорания сульфидов железа. Самовозгорание пирофорных отложений является внутренним источником воспламенения для резервуаров с высокосернистыми нефтяными и бензиновыми фракциями. В резервуарах случаи самовозгорания пирофоров обычно происходят днем в солнечную погоду, при этом присутствует наличие сквозных отверстий в стенках резервуара и крыше от воздействия коррозии, после откачки нефтепродуктов и вследствие длительной эксплуатации без очистки;

- пожары, которые возникают в момент отбора проб. При контроле количества топлива в результате попадания измерительных приборов в корпус возможно искрообразование. Искры от разряда статистического электричества накапливаются на поверхности нефтепродукта. Они

сопровожаются гибелью и травмами людей, выполняющих работы на крыши резервуара, происходит взрыв в газовом пространстве резервуара;

- пожары в результате образования локальных зон с концентрациями взрывоопасных веществ на территории нефтебаз. Повышение газосодержащих молекул в воздухе, паров и жидкостей горючих, газов на территории нефтебаз может происходить в следующих случаях:

при перекачке в резервуары хранения нефтепродуктов достаточно отделяются от газов;

при заполнении резервуаров с нефтью и нефтепродуктами с высоким давлением паров.

Источниками возгорания в этом случае могут быть автомобили, перемещающиеся на территории нефтебазы, технологические топки, открытые технологические установки с высокой температурой, факелы для сжигания отходящих газов, открытый огонь, искры от электрооборудования, курение [35].

Пожары, возникающие в резервуарах при проведении их очистке, подготовке, проведению к ремонтным работам.

Большая часть взрывов и пожаров в резервуарах возникает в процессе их подготовки к ремонтным работам. На этом этапе возникают факторы повышения пожарной опасности: установки выводятся из нормальной эксплуатации, при этом происходит вскрытие оборудования, и тем самым создаются условия для проникновения окислителя и его контакта с топливом, что способствует образованию паровоздушной среды горючей снаружи и внутри резервуаров. Удаление «мертвых» остатков со дна резервуара создает значительные трудности. Удаление происходит с использованием передвижных насосных установок через открытые люки. Источниками возгорания при такой работе могут быть искры трения от удара ремонтного инструмента о корпус, нагретые поверхности соседних технологических установок, искры от электрооборудования, расположенного вблизи

резервуара, выхлопные газы от оборудования, используемого для перекачки [34].

Пожары при осуществлении огневых и ремонтных работ.

Примерно 40% пожаров приходится на подготовительные и ремонтные работы. При проведении ремонтных работ возникают дополнительные воспламенения. Эти источники связаны с резкой, сваркой, при использовании открытого огня, раскаленного металла, которые возникают при работе:

- на резервуарах предварительно очищенных;
- без подготовки очистки резервуаров. В этой группе пожары формально являются результатом нарушения правил, норм и требований, запрещающих ремонтные работы в резервуарах.

Анализ пожаров в нефтехимической промышленности указывает на то, что они имеют особенность: причиной возникновения пожаров обычно является совокупность обстоятельств, каждое из которых по отдельности не приводит к возникновению крупного пожара, и только их совокупность может привести к серьезным последствиям [28].

Одной из пространственно ограниченных форм пожара ЛВЖ и ГЖ является пожар в резервуаре – накопителе, например, под воздействием внешнего или внутреннего взрыва резервуар остается без крышки.

Следующим случаем с точки зрения пространственного ограничения – пожар пролива при обвале. В обеих ситуациях подразумевается, отчетливо видна граница и форма, которая может быть прямоугольной или круглой.

В остальных ситуациях проливные пожары возникают в результате выбрасывания жидкости на поверхность земли. Глубина и форма разлива определяются характеристиками места разлива. На заводах и в аэропортах, хотя они охватывают большие площади, выброшенная жидкость будет поступать в дренажные трубы, следовательно, горение будет происходить под землей. Каналы для сточных вод расположенные вдоль шоссе обычно несут воду к ближайшему руслу реки. Так что при выбросе на дорогу

струи горючей жидкости могут гореть на протяжении сотен метров. Наконец, жидкости выбрасываются непосредственно на поверхность водоемов, дальнейшее их распределение не ограничено. Две из этих ситуаций подробно рассматриваются ниже: пожар при обрушении и пожар на земле.

Проливные пожары в круглых или прямоугольных обвалах сходны по форме с цилиндром. Вертикальный цилиндр возникает при отсутствии ветра, это будет вертикальный цилиндр, но при возникновении ветра цилиндр будет считаться наклонным [27].

Ниже приведены аварии, связанные с развитием пожара в России и за рубежом за 2018 – 2019 годы.

Таблица 1- Аварии, произошедшие на нефтебазах за 2018 – 2019гг

Дата, место	Вид аварии	Основные причины аварии	Масштаб аварии	Пострадавшие
1	2	3	4	5
27.01.2018 г. Нефтебаза город Серпухов	Пожар	Задымление в резервуаре дизельным топливом (объем 2000 м ³)	-	Пожар ликвидирован. Пострадавших нет.
27.02.2018 г. Нефтебаза город Карабулак, Ингушетия	Пожар	Возгорание в двух резервуарах для хранения мазута (Общий объем 8 тонн)	-	Пожар ликвидирован. Пострадавших нет.
27.04.2018 г. НПЗ Husky Energy в Сьюпириоре, штат Висконсин	Пожар	Взрыв емкости с сырой нефтью	-	20 человек получили ранение
26.07.2018 г. Предприятие «Нефтехимик» город Пермь	Пожар	Возгорание на территории предприятия	-	Ликвидация возгорания в течение 5 часов. Пострадавших нет
Август 2018 г. НПЗ Bharat Petroleum Мумбаи	Пожар	Возгорание, предшествующей серией взрывов	-	Пострадали 21 человек

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Август 2018 г НПЗ Homburg an der Donau, Германия	Взрыв	Взрыв на НПЗ	-	Пострадали 8 человек. Из-за сильного задымления и пожара 1,8 тысяч людей покинули свои дома
11.09.2018 г. Нефтебаза «Магаданнефто», Магадан	Пожар	Пожар на насосной станции для перекачки топлива	Площадь пожара 50 м ²	Пострадавших нет
27.09.2018 г. ОАО «Славнефть-Янос», Ярославль	Пожар	Возгорание на перерабатывающей установке по очистке бензина	Пожар площадью 40 м ²	Пострадавших нет
Октябрь 2018 г. Газопровод Enbridge Канада	Пожар	Взрыв с дальнейшим возгоранием	-	Пострадавших нет, произведена эвакуация из окрестных домов
03.10.2018 г. АО НПЗ «Брод», Босански-Брод, республика Сербская Босния и Герцеговина	Взрыв	Взрыв на НПЗ	-	Пострадали 8 человек
30.10.2018 г. Нефтебаза на Хохряковском месторождении, Ханты-Мансийский Автономный округ	Пожар	При разгерметизации одного из резервуаров при проведении плановых работ загорелись резервуары, а затем узел учета нефти и здания административно – бытового комплекса комплекса.	Площадь пожара 1000 м ²	Пострадали 3 человека

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
27.11.2018 г. Нефтехимический завод ОАО «Синтез-Каучук», Стерлитамак Башкирия	Пожар	Возгорание во время плановых работ из-за утечки углерода на трубопроводе. В одной из цистерн загорелся изопентан	Площадь пожара около 30м ²	Пострадали 4 человека
13.01.2019 г. НПЗ, Башкирия	Пожар	Возгорание силовых кабелей на электрообессоливающей установке, а затем возгорание насосной станции на производственной площадке	-	Пострадавших нет
13.01.2019 г. НПЗ ООО «Шигл», Новопавловск Ставропольский край	Пожар	Пожар в резервуаре с остатками нефтепродуктов (объем 300 м ³)	Площадь пожара 50м ²	Пострадали 3 человека
18.01.2019 г. «Ангарская нефтехимическая компания» (Роснефть)	Пожар	Возгорание в результате разгерметизации одного из вспомогательных трубопроводов возник пожар	Площадь пожара 10 м ²	Пострадавших нет
10.03.2019 г Новокуйбышевский НПЗ, Самарская область	Пожар	Возгорание на вспомогательном оборудовании установки вторичных процессов	Площадь пожара 10 м ²	Пострадал 1 человек
11.03.2019 г Комсомольский НПЗ, Хабаровский край	Пожар	Возгорание на вспомогательном оборудовании установки вторичных процессов на территории НПЗ	-	Пострадавших нет
14.04.2019 г. НПЗ город Пермь	Пожар	Возгорание на одной из установок	-	Пострадавших нет
10.05.2019 г. Нефтебаза, Джалал-Абад Западная Киргизия	Пожар	Возгорание на нефтебазе	-	Пострадал 1 человек,

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
23.09.2019 г. НПЗ «Кинеф», Ленинградская область	Пожар	Возгорание блока технологических печей	Площадь пожара 90 м ²	Пострадавших нет
25.09.2019 г. НПЗ «Кинеф», Ленинградская область	Пожар	Возгорание установки по переработки дизельной фракции на НПЗ	Высота горения факела 10м	Пострадавших нет
16.10.2019 г Нефтебаза NuStar, Контра-Коста Калифорния	Пожар	Возгорание трех резервуаров с нефтью	-	Пострадали 3 человека
07.11.2019 г. Нефтебаза «Грушовая», Новороссийск	Пожар	При проведении огневых работ произошел взрыв с последующим горением	-	Пострадали 6 человек

Анализ пожаров на предприятиях показывает, что значительная часть взрывов и пожаров на нефтебазах возникает в процессе их подготовки к ремонтным работам. Возгорания, которые происходят на объектах нефтяной промышленности, связанные с выбросом в окружающую среду мощного теплового излучения, токсичных продуктов горения и огнетушащих веществ наносят значительный ущерб экологии.

1.2 Общие сведения о предприятии

Общество с ограниченной ответственностью «Сбытовое Объединение «Тверьнефтепродукт» является дочерним предприятием ОАО «Сургутнефтегаз», являющееся крупнейшей нефтяной компанией в России.

ООО «СО «Тверьнефтепродукт» осуществляет оптово-розничную реализацию нефтепродуктов в Тверской области и Твери.

Предприятие «Тверьнефтепродукт» насчитывает 3 нефтебазы и 62 автозаправочные станции.

Территория сбытовой компании охватывает 34 из 35 муниципальных районов Тверской области.

ООО «СО «Тверьнефтепродукт» состоит:

Блок №1 «Сливная железнодорожная эстакада» нефтебазы – это комплекс железнодорожных цистерн и трубопроводных систем, предназначенных для слива бензина АИ-92, АИ – 80 и дизельного топлива, различных видов масел в автомобильные цистерны.

Нефтепродукты доставляются на территорию блока в железнодорожных цистернах с различных нефтеперерабатывающих заводов.

Блок №2 «Насосная станция», представляет собой насос марки БНГМ-7х2. Тип насоса – центробежный двухступенчатый, имеющий горизонтальный разъем и частоту вращения 2900 оборотов в минуту. Производительность насоса 100 м³/ч. Имеет привод в виде электродвигателя ЗВР132-225. Входной трубопровод поступает от сливной железнодорожной эстакады и имеет диаметр 150мм. Отходящий трубопровод направлен к резервуарам и имеет диаметр 100мм. По трубопроводам транспортируется бензин АИ – 92, АИ-80, а также дизельное топливо.

Блок №3 «Резервуар для хранения нефтепродуктов Р-50», который состоит из резервуарного парка, включающего 37 резервуара Р-50, вместимость одного составляет 50 м³, габаритные размеры 9610х2770х3130 мм. Резервуары между собой соединены трубопроводами диаметром 100мм и задвижками ДУ-100. Емкость резервуара склада нефтепродуктов составляет 1850 м³ (37 наземных металлических, горизонтальных резервуаров типа Р-50), в том числе для автобензина 800 м³ (16 резервуаров); для дизельного топлива 1000м³ (20 резервуаров) и один резервный бак 50 м³.

Блок №4 «Сливно-наливная эстакада» состоит из двух заправочных агрегатов марки ЗА-500М, пропускной способностью 500 литров в минуту, очистных фильтров марки ТФБ – 60, а также комплексом трубопроводов диаметром 100 мм и задвижек ДУ-100.

На территории объекта расположено 10 различных зданий и сооружений, резервуарный парк, состоящий из 37 резервуаров.

Общая схема объекта защиты представлена в приложении А.

Основную массу резервуаров составляют цилиндрические, горизонтальные контейнеры. Резервуары сгруппированы и обвалованы. Площадь обвалования составляет 1385 м.

Административные, бытовые и другие сооружения и здания нефтебазы удалены от резервуаров парка на расстояние от 40 до 150 метров. Наиболее пожароопасными являются наземные резервуары объемом 50 м³ со светлыми нефтепродуктами.

Из комнаты охраны объекта имеется прямой телефон, выведенный на пункт связи СПСЧ, ПСЧ, ФКУ «ЦУКС» ГУ МЧС РФ по Тверской области. Здания оборудованы сетями городской АТС. При работе со штабом пожаротушения возможна организация связи с любого телефона, расположенного на объекте, либо с мобильного телефона. На нефтебазе есть громкоговоритель. Это необходимо, чтобы предупредить людей. Он расположен на открытой местности. Он включается из комнаты оператора и из сливного цеха. Внутри зданий нет громкоговорителей.

Все здания на территории оборудованы системами пожарной сигнализации с установленной пожарной сигнализацией ИП – 212-58 и ручными пожарными сигнализаторами ИПР. Приемная станция «Сигнал – 20 серии 02», установлена на проходной в комнате охраны и круглосуточно находится под наблюдением.

Противопожарное водоснабжение нефтебазы осуществляется из городского кольцевого водопровода, который имеет диаметр 150 мм. На территории объекта расположены 3 пожарных гидранта, которые расположены по периметру всего резервуарного парка (гидранты расположены на расстоянии от 20 до 100 от места обрушения). Кроме того, на территории нефтебазы имеются два искусственных пожарных резервуара объемом 1500 м³, расположенных на расстоянии 250 метров от места обрушения. Резервуар оборудован подъездными путями для установки первой пожарной машины. Для тушения возможного пожара используются гидранты, расположенные вне нефтебазы на расстоянии от 250 до 400

метров. Гарантированное давление в пожарных гидрантах составляет 2 атмосферы. Установка имеет запас пенообразователя ПО - 6 - ТС - 1000 л.

Рассмотрим характеристику опасных веществ, находящихся на нефтебазе на примере бензина.

Таблица 2 – Опасные вещества, находящиеся на территории нефтебазы

Наименование параметра	Свойства вещества	Источник информации
1	2	3
Химическое наименование вещества Торговое наименование вещества	Бензин Бензин	-
Эмпирическая формула Структурная формула	Смесь легких предельных ароматических и нафтеновых углеводородов, отличающихся условиями и сырьем	-
Состав, % массы Основной продукт Примеси Свинец, н.б. Марка - Нормаль – 80 - Регулятор – 92 - Премиум евро - 95	0,01 0,01 0,05	-
Общие данные Молекулярная масса Температура кипения (при давлении 101 кПа) Плотность при 20 градусах Данные о взрывоопасности Температура вспышки Температура самовоспламенения	Усредненное значение 95,45 Начало 35 Начало 195 741-770 Минус 27-39 255-390	- ГОСТ 2084-77

Продолжение таблица 2

1	2	3
Пределы взрываемости	1,0-6,0	«Пожаровзрывоопасность веществ и материалов»
Данные о токсической опасности ПДК в воздухе зоны рабочей, мг/м ³ ПДК в атмосферном воздухе, мг/м ³ - разовая максимальная концентрация - среднесуточная доза концентрации	4 класс опасности 100 5,05 1,5	Гост 12.1005-88 «Вредные вещества в промышленности»
Реакционная способность	Имеет горючие свойства	«Вредные вещества в промышленности»
Запах	Специфичный запах	
Коррозийное воздействие	Не имеет	
Меры предосторожности	Герметизация	
Информация о воздействии на людей	Появляется раздражение на коже и на слизистой оболочки, при вдыхании паров вызывает отравление	
Средства защиты	Противогазы марки А. Шланговые и изолирующие противогазы	
Методы перевода вещества в безвредное состояние	Удаление испарением, вентиляцией	

1.3 Анализ пожарной безопасности в резервуарном парке

Анализ проводится при проектировании технологического процесса.

Промышленный объект допускается к вводу в эксплуатацию только при соответствии с действующими правилами и нормами пожарной безопасности, и проектом [7].

Анализ объектов производства включает в себя следующие аспекты:

- анализ параметров технологических процессов на объекте защиты технологической среды;
- Определение возможных параметров и аварийных ситуаций отдельно в отношении каждого процесса;
- определение причин, позволяющих охарактеризовать пожароопасную ситуацию, для определенного технологического процесса;
- моделирование развития пожаров, влекущих гибель людей.

Анализ пожарной опасности процессов включает в себя:

- определение обращающихся в технологическом процессе пожароопасных свойств веществ и материалов;
- изучение производственного процесса;
- возможность образования горючей зоны устройств и трубопроводов и внутри помещений;
- выявление источников образования воспламенения в горючей среде;
- исследование различных сценариев (путей) распространения пожара и выбор проектной аварии;

Расчет категории зданий, помещений, наружных сооружений по взрывоопасности и пожарной опасности.

Проведем анализ пожаровзрывоопасных веществ и материалов и их свойств, которые обращаются в технологическом процессе.

Данные о веществах и материалах важны:

- для определения категории здания (теплота сгорания, количество, скорость испарения, молекулярная масса, плотность пара, максимальное давление во время взрыва, концентрация пара насыщенного при расчетной температуре);

- для обеспечения безопасности процесса перекачки (температура вспышки и тления, распространение пламени, условия термического самовоспламенения);

- выбор противопожарных устройств (безопасный экспериментальный зазор, наиболее высокая скорость распространения пламени).

Ниже представлена классификация веществ по взрывоопасной и пожарной опасности, применимая для сбытовой компании

Таблица 3 - Пожароопасные свойства материалов и веществ, обращающихся в технологическом процессе

Наименование веществ	Агрегатное состояние	Горючесть	Температура вспышки	Температура средняя воспламенения	Температурные пределы воспламенения	
					НТПВ	ВТПВ
Автомобильный бензин АИ - 92	Жидкость	ЛВЖ	-27	255-270	-39 -27	-27 -8
Керосин (топливо для реактивных двигателей)	Жидкость	ЛВЖ	30	220	25	65
Дизельное топливо (зима)	Жидкость	ЛВЖ	Больше 40	300	9	119
Дизельное топливо (лето)	Жидкость	ЛВЖ	Больше 30	310	2	105

На основе анализа пожароопасных свойств материалов и веществ наиболее опасным веществом в резервуарном парке сбытового объединения является бензин АИ-92, так как температура вспышки ниже, чем у других жидкостей.

Изучение технологического процесса предусматривает составление принципиальной схемы.

Технологическая схема процесса определяет последовательность технологических операций по преобразованию сырья в готовую продукцию, место, где сырье и вспомогательные вещества вводятся в процесс, а также место отбора полуфабрикатов и готовой продукции [7].

Принципиальная схема процесса строится путем упрощения реальной технологической схемы, предусмотренной проектом.

На территории расходного склада нефтепродуктов осуществляется прием, хранение, замер, учет, отпуск, транспортировка бензина различных марок и дизельного топлива.

Нефтепродукты доставляются на склад железнодорожным транспортом с нефтеперерабатывающих заводов.

Эта схема дает лишь общее представление технологического процесса на нефтебазе. В то же время отчетливо, на нефтебазы осуществляется четыре основных этапа, каждый из которых реализуется на самостоятельном технологическом оборудовании на отдельных площадках.

Технологические процессы представлены на рисунке 1.

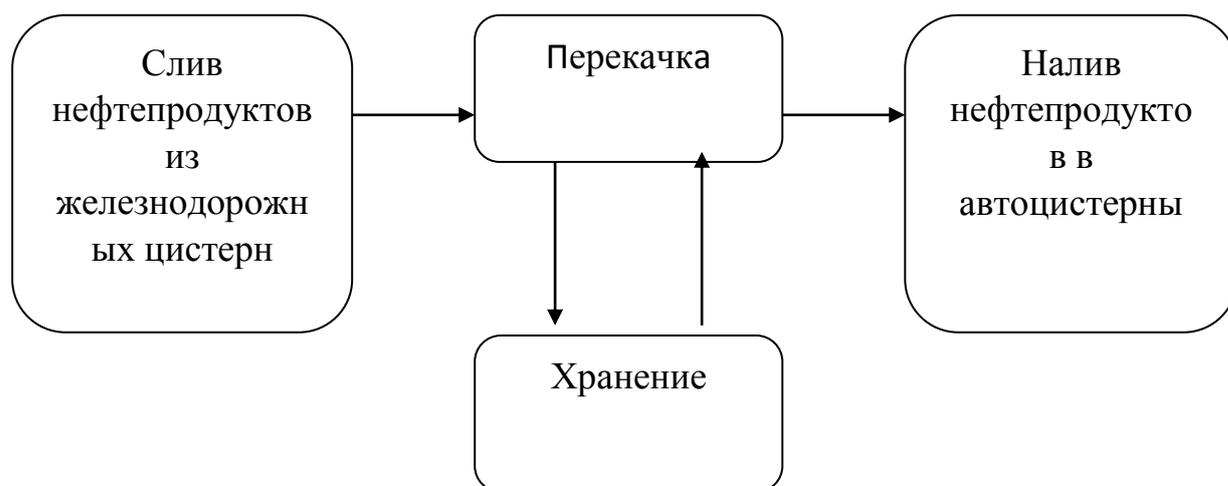


Рисунок 1- Технологические процессы

Выше представлен процесс технологии перекачки нефтепродуктов. На первоначальном этапе осуществляется слив топливных продуктов. Промежуточным этапом данной операции является хранение. Период хранения неограничен временем, так как отпуск продукта осуществляется в объемах меньше, чем объем поступления. Исходя из этого, на нефтебазе на постоянном хранении находится большое количество топлива. Следующим этапом является отпуск продукта потребителям (розлив в автоцистерну).

Перекачка топлива осуществляется при использовании центробежных насосов.

На данном этапе диссертации необходимо проанализировать работу оборудования на всех режимах, с целью определения возникновения горючей среды:

- в периоды пуска и остановки внутри устройства, при нормальной работе;
- снаружи аппарата, при выходе горючих веществ из нормально работающих устройств;
- внутри и снаружи устройств во время повреждения оборудования.

Оценку свойств горючей среды следует проводить для устройства с наиболее горючим веществом. В нашем случае это резервуар Р - 50 с бензином АИ - 92.

Ниже рассмотрен анализ пожароопасных свойств веществ, технологические параметры и условия образования ВОС.

Таблица 4 - Свойства горючей среды внутри аппаратов

Обращающиеся вещества	Пожароопасные свойства веществ		Технологические параметры		Наличие ПВП	Условия образования ВОС	Вывод
	НТП	ВТП	T	T			
1	2	3	4	5	6	7	8
Резервуар Р - 50 с бензином АИ - 92 (лето)	-45	15	21	101	$V_o = V_{\text{апп}} - V_{\text{ж}}$	$10^{\circ} \leq T_p \leq T_{\text{ВТПРП}} + 15^{\circ}$	Не образуется
Резервуар Р - 50 с бензином АИ - 92 (зима)	-45	-15	-18	101	$V_o = V_{\text{апп}} - V_{\text{ж}}$	$10^{\circ} \leq T_p \leq T_{\text{ВТПРП}} + 15^{\circ}$	Образуется
Резервуар Р - 50 с дизельным топливом (лето)	64	108	21	101	$V_o = V_{\text{апп}} - V_{\text{ж}}$	$10^{\circ} \leq T_p \leq T_{\text{ВТПРП}} + 15^{\circ}$	Не образуется

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Резервуар Р - 50 с дизельным топливом (лето)	64	108	-18	101	$V_o =$ $V_{\text{апп}} - V_{\text{ж}}$	$10^{\circ} \leq T_p \leq$ $T_{\text{ВТПРП}} + 15$	Не образуется

Сырая нефть и нефтепродукты, обращающиеся на нефтебазе, легко испаряются и имеют низкую температуру вспышки. Опасность образования среды горючей снаружи оборудования характерна для резервуаров, в которых хранятся нефтепродукты.

Горючие паровоздушные концентрации, нефть, образует особенно интенсивно при повышенных температурах окружающей среды весной и летом, за счет чего резко возрастает объем их выброса через дыхательные устройства резервуаров, а также возрастает интенсивность испарения нефти при ее разливе. Малая скорость рассеивания паров в атмосфере приводит к образованию взрывоопасных концентраций, образующиеся при инверсивном состоянии атмосферы, которое чаще всего наблюдается в ночное время с 19 часов до 7 часов. В это время часто наблюдается отсутствие ветра и незначительные потоки воздуха, что благоприятно способствует образованию взрывоопасных концентраций, пары не рассеиваются, а образуют газовое облако над поверхностью земли, распространяющееся на значительные расстояния [30].

Пожароопасное газообразование может возникать преимущественно при больших вдохах, когда происходит мощный выброс смеси в атмосферу при высокой концентрации горючих паров.

При безветренной погоде на территории нефтебазы может образовываться взрывоопасные зоны значительного объема до $57342,3 \text{ м}^3$, что может привести к взрыву и возгоранию при контакте с источниками воспламенения.

Помимо пожарной опасности, выброс паров из нефтяных пластов при больших и малых вдохах приводит к значительным безвозвратным потерям

самых легких и ценных фракций нефти, что приводит к серьезным экономическим потерям и ухудшает экологическую обстановку в регионе.

Ниже рассмотрен анализ пожароопасных свойств веществ и технологических параметров и условий образования ВОС.

Таблица 5 - Свойства горючей среды снаружи аппаратов

Наименование обращающихся веществ	Пожароопасны е параметры		Технологиче ские параметры		T _{ВСП}	Условия образова ния ВОС	Вывод
	НТПР	ВТПР	T _р	T _р			
Резервуар Р-50 с бензином АИ-92 (лето)	-45	15	21	101	-27	$T_p \geq T_{ВСП}$	Образуется
Резервуар Р-50 с бензином АИ-92 (зима)	-45	-15	-18	101	-27	$T_p \geq T_{ВСП}$	Образуется
Резервуар Р-50 с дизельным топливом (лето)	64	108	21	101	33	$T_p \geq T_{ВСП}$	Не образуется
Резервуар Р-50 с дизельным топливом (зима)	64	108	-18	101	33	$T_p \geq T_{ВСП}$	Не образуется

В таблице представлены виды топлива с показателями верхнего и нижнего температурных пределах, температурой вспышки, показателями образования опасной среды.

Ниже рассмотрен анализ возможности образования наиболее вероятных источников зажигания.

Таблица 6 - Наиболее вероятные источники зажигания

Источники зажигания	Наиболее вероятные источники зажигания	
	В резервуаре	Снаружи резервуара
Открытый огонь и раскаленные продукты сгорания	-	Искры и пламя при проведении огневых работ на ремонтной площадке, при ремонте ТО
Тепловое проявление механической энергии	-	Трения и искры удара при техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования
Тепловое проявление электрической энергии	Разряды статистического электричества в резервуаре при перекачке нефтепродуктов	Электрическая энергия в электрооборудовании, разряды статистического электричества при обслуживании оборудования
Тепловое проявление химической реакции	Наличие больших количеств легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в резервуарах и трубопроводах, а также образования зон ВОК	-

Приведены источники зажигания, при проявлении которых существует вероятность возникновения пожара внутри и снаружи резервуара

Основные условия распространения пожара через технологические коммуникации представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Основные пути и причины (условия) распространения пожара

Пути и причины распространения аварии по технологическим коммуникациям и оборудованию	Пути и причины распространения аварии снаружи оборудования
Пути распространения раскаленных продуктов, к которым относятся: 1.нефтепродуктопроводы при работе их с неполным сечением; 2. дыхательные, продувочные и сбросные линии при образовании в них ВОК;	наличие путей распространения огня и раскаленных продуктов горения, к которым относятся: 1.дверные, технологические проемы в помещении с насосной установкой; 2.промышленная канализация при затекании в нее нефтепродуктов;
3.тепловое излучение пламени, огненного шара; 4.поверхности растекающихся пожароопасных жидкостей; 5.паровоздушные, взрывоопасные смеси (облака); 6.горючие отходы и отложения; 7.теплоизоляция аппаратов и трубопроводов, производственные площадки и грунт, пропитанные горючими жидкостями.	3.поверхности растекающихся пожароопасных жидкостей; 4.паровоздушные, взрывоопасные смеси (облака); 5.теплоизоляция аппаратов и трубопроводов, производственные площадки и грунт, пропитанные горючими жидкостями
наличие больших количеств легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в резервуарах и трубопроводах, а также образование зон ВОК даже при нормальном режиме эксплуатации резервуаров в летний период	-

Возникновение аварийной ситуации при нарушении нормального режима ведения технологического процесса представлено в таблице 8.

Таблица 8 - Свойства горючей среды при аварии

Наименование аппарата	Обращающиеся вещества	Свойства вещества $T_{всп}$	Температура (концентрация) вещества при аварии	Условие образования ВОС в аппарате	Вывод
Разгерметизация резервуара Р-50 (лето)	Бензин АИ-92	-27	21	$T_p \geq T_{всп}$	Образуется
Разгерметизация резервуара Р-50 (лето)	Дизельное топливо	33	21	$T_p \geq T_{всп}$	Не образуется
Разгерметизация резервуара Р-50 (зима)		-27	-18	$T_p \geq T_{всп}$	Образуется
Бензин АИ-92		33	-18	$T_p \geq T_{всп}$	Не образуется

2 Теоретические исследования и разработка научно-технического проекта обеспечения пожарной безопасности

2.1 Методы оценки определения пожарного риска

Для оценки частоты возможных аварийных ситуаций применяется вероятностный подход, основанный на использовании данных о надежности основных компонентов оборудования, входящих в состав технологической схемы. Исходная информация для расчетов взята из статистических данных по авариям, произошедшим как в нашей стране, так и за рубежом [21].

Риск возникновения аварий, связанных с разгерметизацией, разрушением оборудования, определяется с использованием матрицы «вероятность - тяжесть последствий».

В зависимости от тяжести последствий применяются следующие критерии отказа

1. Катастрофические критерии - могут привести к гибели более 5 человек и значительному ущербу для производства.
2. Критические критерии - может привести к гибели от 1 до 5 человек и значительному повреждению производства.
3. Некритические критерии - не угрожает жизни людей и не наносит ущерба производству.
4. С незначительными последствиями - отказ, по своим последствиям не относящийся к первым трем категориям.

Степень риска отказа, определяемые сочетанием частоты и последствий, представлены в таблице 9.

А – чрезвычайно высокий риск;

Б – высокий риск;

В – значительный риск;

Г – средний риск;

Д – умеренный риск;

Е – низкий риск.

Таблица 9 – Зависимость риска от частоты возникновения аварии

Вероятность возникновения (1 год)	Тяжесть последствий			
	Катастрофический отказ	Критический отказ	Некритический отказ	Отказ незначительными последствиями
>1	А	А	А	Д
1-10 ⁻²	А	А	В	Д
10 ⁻² - 10 ⁻⁴	А	В	Д	Е
10 ⁻⁴ -10 ⁻⁶	А	В	Д	Е
<10 ⁻⁶	В	Д	Д	Е

Результатом данного этапа исследований является построение системы функциональных связей между вероятностью и интенсивностью.

В большинстве случаев решающее влияние на этот процесс оказывают параметры окружающей среды.

Последующий переход к анализу прямых и косвенных последствий (ущерба) от развития и возникновения аварий и требует четкого определения и классификации как самих субъектов, так и «допустимых» уровней воздействия на них [35].

Рассмотрены факторы прямого действия с учетом теплового и напорного эффектов. В качестве групп риска рассматриваются технический персонал и население прилегающих территорий.

Поскольку в общем случае одна и та же мера негативного воздействия может вызвать различные реакции у разных людей, для определения вероятности поражения используются статистические законы распределения.

Однако индивидуальные уровни риска еще не характеризуют масштабы катастрофических аварий. Для этого необходимо определить уровни социального риска.

Любой сценарий, описывающий аварию, начинается с иницирующего события, которое может происходить с определенной частотой.

Частота возникновения пусковых явлений для емкостей и резервуаров хранения опасных веществ устанавливается на основании данных и условий эксплуатации этих объектов.

Описание применяемых методов оценки рисков и обоснования их применения.

Метод оценки индивидуального риска.

Этот метод используется для расчета индивидуального риска возникновения аварий на объектах (резервуарах) хранения и транспортировки ЛВЖ, в момент возникновения поражающих факторов таких, как превышение давления, возникающее при горении паровоздушных смесей, и теплового излучения.

Оценка риска основана на построении логической схемы, учитывающей различные события и варианты их развития [7].

Вероятности реализации $Q(A_i)$ каждого из рассмотренных вариантов схемы рассчитываются по формуле

$$Q(A_i) = Q_{ав}Q(A_i)_{ст}, \quad (2.1)$$

где $Q(A_i)_{ст}$ - вероятность статистическая развития аварии логической схемы по i - ветви.

Расчет повреждающих факторов логической схемы производится для каждого варианта отдельно.

Условная вероятность попадания в человека избыточного давления, развившегося при горении паровоздушных смесей от эпицентра, вычисляется следующим образом:

- вычисляются давление избыточное Δp и импульс i по методам, описанным, ГОСТ;

Вероятность условная воздействия на человека теплового излучения определяется:

а) рассчитывается P_r :

$$P_r = - 14,9 + 2,56 \ln(tq^{1,33}), \quad (2.2)$$

где t – эффективное время экспозиции эффективное;

Время определяют:

Индивидуальный риск R , год^{-1} , определяется по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n Q_{n_i} Q(A_i), \quad (2.3)$$

где Q_{n_i} - вероятность поражения человека при реализации i - ветви логической схемы, условная;

$Q(A_i)$ - вероятность реализации в течении i - ветви логической схемы, год^{-1} ;

1. Метод оценки социального риска

Метод применяется для расчета социального риска при авариях на объектах (резервуарах) хранения и транспортировки ЛВЖ, при возникновении избыточного давления, образующегося при сгорании смесей, и интенсивности излучения теплового.

Оценка риска проводится построением логической схемы, которая учитывает различные события и варианты их развития [7].

Рассчитываются вероятности $Q(A_i)$ реализации каждого из рассматриваемых вариантов схемы.

Расчеты поражающих факторов по каждой ветви схемы проводятся

Условная вероятность поражения человека на разных расстояниях r от эпицентра определяется при реализации i - ветви логической схемы. Построены графические зависимости $Q_{ni} = f(r)$.

На ситуационном плане объекта вокруг источника аварии строятся зоны поражения и определяются:

- средние (по зоне) вероятности условные $Q_{пj}$, поражения человека (j – номер зоны);
- среднее число n_j людей, постоянно находящихся в j - й зоне.
- Вычисляется ожидаемое число N_i погибших людей при реализации i - й ветви логической схемы

Социальный риск S рассчитывается по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^l Q(A_i), \quad (2.4)$$

где l – число ветвей логической схемы, для которых ожидаемое число погибших людей, для которых оценивается социальный риск). Принимаем $N_0 = 5$.

Результаты оценки возникновения ЧС, включая ситуации, которые могут быть вызваны авариями или чрезвычайными ситуациями на близлежащих объектах, транспортных коммуникациях или опасными природными явлениями

Возможно возникновение повреждающих факторов, представляющих опасность для людей, а также для сооружений, оборудования, зданий, расположенных на территории АЗС:

- в случае пожаров из-за неисправности электрооборудования, несоблюдение мер безопасности, нарушения технологического процесса со стороны персонала нефтебазы;
- когда не контролируется выброс накопленной энергии на объект;

- с внешними воздействиями естественного характера.

Анализ опасностей, связанных с авариями на разливном трубопроводе, показывает, что максимальный ущерб персоналу и имуществу объекта может быть причинен разгерметизацией технологического оборудования и автоцистерн, находящихся под сливом нефтепродуктов.

Рассмотрим случай аварии на нефтебазе, вызванной разливом бензина, когда цистерна с легкими нефтепродуктами полностью разгерметизирована, как наиболее опасный.

Возможные причины аварий, связанных с разливом бензина может быть:

- переполнение и выход из строя предохранительного клапана;
- утечка топливных баков;
- усталость металла, коррозия;
- брак по сварке;
- разгерметизация (отказ) быстроразъемных муфт;
- механические повреждения оборудования в результате нарушения правил труда (столкновения автомобилей и др.).

При использовании бензиновых резервуаров опасные ситуации могут создаваться как внутри резервуара, так и снаружи.

Источниками возгорания внутри резервуара могут послужить:

- статическое электричество;
- самопроизвольное возгорание отложившихся в резервуаре соединений серы.

Снаружи резервуара:

- искры механического происхождения;
- удар молнии;
- возможность саботажа.

Наиболее вероятной аварийной ситуацией при сливе бензина из бака может быть разлив бензина. При этом бензин поступает в окружающее

пространство в значительных количествах, а его последующее испарение приводит к образованию топливовоздушных смесей [9].

Типичными источниками возгорания в этой ситуации будут:

- разряд статического электричества;
- искра механического происхождения;
- неисправность электрооборудования транспортного средства и его работающего двигателя.

Когда бензин воспламеняется, своевременная эвакуация из резервуара очень проблематична. Все это приводит к тому, что танк подвергается воздействию высоких температур и в результате он разгерметизируется или взрывается.

События, составляющие сценарий аварии:

а) образование разливов (образование горящих разливов и факелов, пожар с последующим вовлечением в него окружающего оборудования и транспортных средств, несущих конструкций, трубопроводов);

б) образование и дрейф облака топливовоздушной смеси (образование воздушной ударной волны, образование огненного шара, разрушение окружающей техники и транспортных средств, несущих конструкций и трубопроводов);

в) разливы топлива, приводящие к токсическому поражению людей и загрязнению окружающей почвы и грунтовых вод.

В качестве повреждающих факторов рассматриваются следующие факторы:

- воздушная волна ударная;
- излучение, тепловое огневых шаров и горящих разлитий;
- токсическое воздействие.

Ниже представлена логическая схема развития аварии при разгерметизации цистерны или наружного резервуара ЛВЖ (рисунок 2).

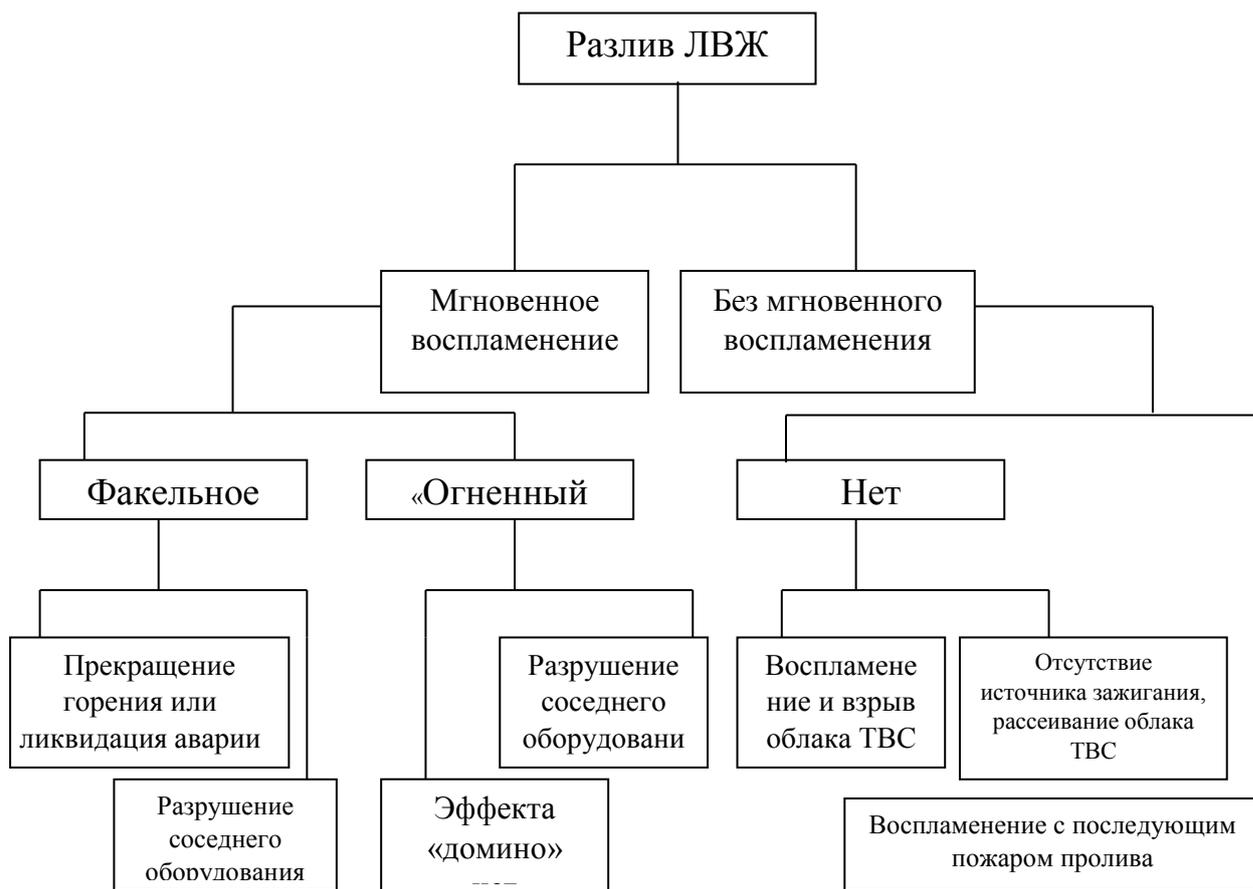


Рисунок 2 - Логическая схема развития аварии при разгерметизации автоцистерны или наружного резервуара ЛВЖ

В первом случае, при аварии происходит разлив легковоспламеняющейся жидкости с последующим, мгновенным воспламенением. Возникает два вида горения: в виде «огненного шара» и факела. В обоих случаях происходит разрушение соседних установок (резервуаров).

В случае разлива жидкости без мгновенного воспламенения и отсутствия горения возгорание с последующим взрывом топливовоздушной смеси произойдет только при наличии источника зажигания.

Расчет интенсивности излучения при пожарах проливов ГЖ проводится в соответствии «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

Площадь пролива от резервуара равна площади обвалования (ванны):

$$S = 1385 \text{ м}^2$$

Расчет проводим для разлива из наземного резервуара, как наиболее опасный.

Эффективный диаметр пролива:

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \text{ М} = 42 \text{ м}, \quad (2.5)$$

Находим высоту пламени:

$$H = 42d \left(\frac{m}{\rho_b \times \sqrt{g \times d}} \right)^{0,61}, \quad (2.6)$$

$$F_q = \sqrt{F_v^2 + F_H^2};$$

$$F_v = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{S} \operatorname{arctg} \left(\frac{h}{\sqrt{S_1^2 - 1}} \right) + \frac{h}{S_1} \left\{ \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{S_1 - 1}{S_1 + 1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S_1 - 1)}{(A-1)(S_1 + 1)}} \right) \right\} \right], \quad (2.7)$$

$$A = \frac{h^2 + S_1^2 + 1}{2S_1};$$

$$S_1 = \frac{2r}{d}$$

где r - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта.

$$h = \frac{2H}{d}$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left[\frac{\left(B - \frac{1}{S_1} \right)}{\sqrt{B^2 - 1}} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(B+1)(S_1 - 1)}{(B-1)(S_1 + 1)}} \right) - \frac{\left(A - \frac{1}{S_1} \right)}{\sqrt{A^2 - 1}} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S_1 - 1)}{(A-1)(S_1 + 1)}} \right) \right]$$

$$B = \frac{1 + S_1^2}{2S_1}$$

коэффициент пропускания атмосферы найдем по формуле:

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4}(r - 0,5d)] , \quad (2.8)$$

интенсивность теплового излучения q найдем по формуле:

$$q = E_f \times F_q \times \tau , \quad (2.9)$$

где E_f - среднеповерхностная плотность излучения пламени, согласно таблицы В.1. $E_f = 60 \text{ кВт/м}^2$

Характер повреждений элементов зданий и воздействия на человека и интенсивность излучения раскрыта, в таблице 10.

Таблица 10 - Предельно допустимая интенсивность теплового излучения

Характер повреждений элементов зданий и воздействия на человека	Интенсивность излучения, кВт/м ²
1	2
Стальные конструкции (Твоспл=300С) разрушение	
10 минут	30
30 минут	20
50 минут	15
Кирпичные конструкции (Твоспл=700С) разрушение	
10 минут	95
30 минут	55
50 минут	35
Летальный исход	
10 секунд	45
30 секунд	35
1 минута	20
10 минут	10
Ожог второй степени	
10 секунд	20

Продолжение таблицы 10

1	2
30 секунд	10,5
1 минута	8
10 минут	6

Проведя расчет интенсивности излучения, с интервалом 0.1 метра и сравнив данные, приведенные в таблице выше, можем определить зоны антропогенного ущерба.

Определяем условную вероятность поражения человека тепловым излучением:

а) рассчитываем P_r по формуле:

$$P_r = -14,9 + 2,56 \ln(tq^{1,33}), \quad (2.10)$$

где t - время экспозиции эффективное;

q – интенсивность теплового излучения, кВт/м².

Время определяют:

1) для пожаров проливов ЛВЖ, ГЖ и твердых материалов

$$t = t_0 + x/v, \quad (2.11)$$

где t_0 - время обнаружения пожара, характерное (допускается принимать 5 с)

X - расстояние от места расположения человека до зоны (интенсивность теплового излучения не превышает 4 кВт/м²), м;

v - Скорость движения человека, м/с (допускается принимать 5 м/с);

Полученные результаты сводим в таблицу.

Таблица 11 - Условная вероятность поражения человека тепловым излучением

Расстояние от резервуара до человека, для которого определяется тепловое воздействие	Интенсивность излучения, кВт/м ²	Значение «пробит» функции P _r	Условная вероятность поражения человека Q
5	96,5	4,77	0,89
10	73,2	4,29	0,75
15	41,8	2,02	0,61
1	2	3	4
20	2,6	1,93	0,25
25	19,9	1,9	0,07
30	11,3	1,6	0,01
35	7,8	0,7	0

Определение параметров ударной волны при разливе бензина из резервуара и сгорании топливовоздушной смеси (ТВС) в открытом пространстве

Расчет ведет согласно ГОСТ

$$\Delta p = p_0 \frac{0,8m_{\text{ПР}}^{0,33}}{r} + \frac{3m_{\text{ПР}}^{0,66}}{r^2} + \frac{5m_{\text{ПР}}}{r^3}, \quad (2.12)$$

где p - атмосферное давление, кПа ($P_0=101\text{кПа}$)

r - расстояние от центра облака ТВС, м

$m_{\text{ПР}}$ - приведенная масса пара, кг

$$i = \frac{123m_{\text{ПР}}^{0,66}}{r}, \quad (2.13)$$

Массу паров, поступивших в окружающее пространство, определяем по формуле:

$$m_n = WF_u T, \quad (2.14)$$

где W - интенсивность испарения;

F_u - площадь испарения;

T - Продолжительность испарения, С ($T=3600C$)

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{M} p_H, \quad (2.15)$$

где M - масса молекулярная,

p_H - давление пара насыщенного, при расчетной температуре ($38^\circ C$) $p_H = 40,23$ Па

Избыточное давление и степень поражения приведено в таблице 12.

Таблица 12 Избыточное давление при сгорании пылевоздушных смесей в помещениях или в открытом пространстве

Степень поражения	Избыточное давление, кПа
Разрушение зданий полное	100
Разрушение зданий 50%	53
Повреждения зданий средние	28
Повреждения зданий умеренные (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12
Повреждения зданий малые (разбита часть остекления)	3
Повреждения человека волной давления нижний порог	5

Рассчитав, воздействие волны на интервале один метр и сравнив полученные данные, можем определить границы зон разрушения (повреждения человека).

Таблица 13 - Границы зоны разрушения при разгерметизации наземного резервуара

Степень поражения	Радиус зоны, м.
Разрушение зданий полное	31
Разрушение зданий 50%	49
Повреждения зданий средние	62
Повреждения зданий умеренные (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	88
Повреждения зданий малые (разбита часть остекления)	179
Повреждения человека волной давления нижний порог	140

Определяем условную вероятность поражения человека избыточным давлением:

- исходя из значений Δp и i , вычисляют значение «пробит» - функции P_r по формуле:

$$P_r = 5 - 0,26 \ln(V), \quad (2.16)$$

где $V = \left(\frac{17500}{\Delta p}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i}\right)^{9,3}$;

Δp - давление избыточное, Па;

i - Импульс волны давления, Па*с;

Полученные результаты сводим в таблицу.

Таблица 14 - Условная вероятность поражения человека избыточным давлением

Расстояние от резервуара до человека, для которого определяется поражение избыточным давлением	Избыточное давление, Па	Импульс волны давления, Па	Значение «пробит» - функции P_r	Условная вероятность поражения человека, %
1	2	3	4	5
5	37680	9350	13,5	1

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5
15	1830	3116	10,74	1
20	878	2337	10,04	1
25	509	1870	9,5	0,999
30	332	1558	9,06	0,997
35	234	1335	8,69	0,993
40	175	1168	8,36	0,99
50	110	935	7,82	0,987
60	77	779	7,38	0,982
70	58	668	6,99	0,975
80	45,7	584	6,64	0,95
90	37,3	519	6,32	0,91
100	31,3	467	6,02	0,85
120	23,5	389	5,49	0,69
140	18,6	334	5,03	0,51
160	15,3	292	4,64	0,36
180	13,0	259	4,29	0,24
200	11,2	234	3,99	0,16
220	9,9	212	3,72	0,1
240	8,8	195	3,48	0,06
260	7,9	179	3,2	0,04
280	7,3	167	3,05	0,025
300	6,7	156	2,87	0,015
320	6,2	146	2,7	0,01
330	5,9	142	2,61	0

Вариантом чрезвычайной ситуации может, является выход бензина в окружающую среду без последующего горения, связанный с выходом бензина из резервуара.

В таком случае необходимо знать горизонтальный размер зоны, которой ограничивается ТВС с концентрацией выше нижнего предела распространения пламени.

Найдем радиус зоны:

$$R = 3,2\sqrt{K} \left(\frac{p_H}{C_{НКПР}} \right)^{0,3} \left(\frac{m_n}{\rho_n p_H} \right)^{0,33}, \quad (2.17)$$

$$p_n = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367)t_p}$$

где p_n - плотность паров бензина, кг/м³

M – масса молярная, кг/моль

$R=73$ м.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что на расстоянии семьдесят три метра от аварийного резервуара концентрация взрывчатого вещества может быть выше самого низкого концентрационного предела распространения пламени. За исходную точку размеров зоны берутся внешние размеры обрушения резервуара.

Вычислим интенсивность излучения в условиях различных r , с шагом один метр, а также границу зоны, в которой существует угроза получения ожогов выше 1-й степени.

Таблица 15 - Границы зоны, на которой человек может получить ожоги 1-3 степени при разгерметизации наземного резервуара

Степень поражения	Доза теплового излучения, Дж/м ²	Расстояние, метр
Ожог первой степени	$1,2 \times 10^5$	155
Ожог второй степени	$2,2 \times 10^5$	90
Ожог третий степени	$3,2 \times 10^5$	54

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением определяется следующим образом:

а) рассчитывается P_r по формуле:

$$P_r = - 14,9 + 2,56 \ln(tq^{1,33}), \quad (2.18)$$

где t - эффективное время экспозиции, с;

q - интенсивность теплового излучения, кВт/м².

Полученные результаты сводим в таблицу.

Таблица 16 - Условная вероятность поражения человека тепловым излучением

Расстояние от наземного резервуара до человека, для которого определяется тепловое воздействие	Интенсивность излучения, Дж/м ² x10 ⁵	значение «пробит» функции P _r	Условная вероятность Q _п , поражения человека
5	14,2	7,96	0,999
10	13,5	7,92	0,992
15	12,9	7,86	0,976
20	12,3	7,77	0,943
25	11,7	7,66	0,924
30	10,8	7,53	0,887
35	10,1	7,38	0,842
40	9,6	7,21	0,81
50	8,3	6,83	0,748
60	7,8	6,4	0,619
70	6,9	5,93	0,547
80	5,5	5,43	0,313
90	4,2	4,92	0,2
100	3,6	4,4	0,15
110	3,5	3,88	0,11
120	2,8	3,36	0
130	2,2	2,85	0
140	1,7	2,35	0

Оценка индивидуального и социального риска при возникновении аварии.

Основные события, приводящие к аварии и образованию полей поражающих факторов, а также их вероятностный диапазон частот возникновения, представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Значения частот инициирующих событий

Иницирующее событие	Значение частоты (1/год)
Разгерметизация резервуара хранения нефтепродукта	$1,1 \times 10^{-4}$
Разгерметизация автоцистерны топливозаправщика на территории нефтебазы	$5,0 \times 10^{-6}$
Разгерметизация ж/д цистерны на территории сливной эстакады	$5,0 \times 10^{-6}$
Перелив нефтепродукта при заполнении резервуара	$5,0 \times 10^{-6}$

После определения частоты пусковых событий были построены сценарии аварий, отражающие технологические особенности рассматриваемого производства, в первую очередь связанные с возможными режимами взрывного преобразования взрывоопасной среды, образовавшейся в результате разгерметизации оборудования.

При описании наиболее вероятных и репрезентативных сценариев, при которых возникает и развивается пожароопасные и взрывоопасные происшествий обычно выделяются события:

- незамедлительное воспламенение продукта последующее горение;
- мгновенной вспышки не было, противопожарные мероприятия не увенчались успехом, пожар локализован;
- разлив ЛВЖ в результате аварии с последующим образованием топливоздушнoй смеси и его распространение в направлениях ветра со своими скоростями;
- горение облака паровоздушной смеси;
- горение облака с последующим развитием избыточного давления на открытом пространстве;
- повреждение соседнего резервуара в результате воздействия избыточного давления и высоких температур;
- немедленного возгорания не произошло, авария была локализована за счет эффективных противопожарных мероприятий или за счет рассеивания газового загрязнения.

Таблица 18 - Статистические данные по вероятности сценариев развития возможных аварий

Сценарий развития аварии	Вероятность
Образование зоны токсического поражения	0,7039
Горение пролива вытекшей среды	0,0287
Сгорание облака ТВС в детонационном режиме	0,0119
Сгорание облака ТВС в дефлаграционном режиме	0,1689
Безопасное рассеивание	0,0292

Из приведенных в таблице данных видно, что сценарии, связанные с формированием участка опасных концентраций и горением облака ТВС в пределах наиболее опасных, могут иметь наибольшую частоту реализации.

В результате аварии с последующим разливом и взрывом моторного топлива, произошедшей на опасном производственном объекте, резервуары нефтепродуктов могут быть полностью разрушены с повреждением технологического оборудования. Не исключено, что здания нефтебазы и прилегающие к ней дома частного сектора могут быть слегка повреждены. Более 70 человек могут погибнуть и до 200 человек могут получить ранение.

Результаты расчетов сведены в таблице.

Таблица 19 - Ущерб в результате возникновения аварии

Вид ущерба	Величина ущерба, млн. руб.
Прямой ущерб	23,25
ущерб имуществу третьих лиц	10
Расходы на ликвидацию (локализацию) аварии	0,6
Социально-экономические потери	0,62
В том числе гибель (получение травм) третьих лиц	10
ИТОГО:	44,4

В соответствии с таблицей территория Блока №2 относится к категории значительный риск, необходимы меры и контроль безопасности.

2.2 Расчет сил и средств тушения пожара

Каждое неконтролируемое горение характеризуется уникальной ситуацией. При тушении пожара необходимо использование различных огнетушащих веществ, а также определенное количество сил и средств [35]. От правильного расчета необходимых сил и средств, зависит успех и время тушения любого пожара

Предположим, что пожар возник в резервуаре объемом 50 м³ с бензином АИ-92.

Рядом с горящим резервуаром находятся еще 4 резервуара;

- два с бензином
- два с дизельным топливом.

Расстояние между соседними резервуарами от 3 до 20 метров.

Ситуация на момент прибытия - резервуар разрушен взрывом, идет открытое горение нефти в насыпи.

Параметры пожара, прогнозируемые на момент прибытия первого подразделения для тушения пожара.

Свободное время развития пожара:

$$t_{cp} = t_{СП} + (t_{ОВ} + t_{CuB}) + t_{СЛ-1} + t_{РПВ-1} = 2 + 1 + 6 + 4 = 13 \text{ (мин.)}, \quad (2.19)$$

где $t_{СП}$ - время возникновения пожара до поступления сообщения о пожаре;

$t_{ОВ}$ - время обработки сообщения и подачи сигнала тревоги;

t_{CuB} - время, требуемое на сбор и выезд подразделений по тревоге;

$t_{СЛ-1}$ - время следования к месту вызова;

$t_{РПВ-1}$ - развертывание сил и средств.

В расчетах время - принимаем 1 минуту.

Вычислим площадь пожара (розлива)

$$S_{\text{п}} = f \cdot V_{\text{ж}} = 5 \cdot 50 = 250 \text{ м}^2, \quad (2.20)$$

где $V_{\text{ж}}$ - объем резервуара, 50 м^3 ;

f - коэффициент розлива пожароопасной жидкости:

значение коэффициента розлива ЛВЖ и ГЖ определим в соответствии с ГОСТ [15]. А именно:

$f = 250$, для содержания растворителей $>70\%$;

$f = 100$, для содержания растворителей $\leq 70\%$.

В случае крупномасштабных аварий, в результате которых происходит полное разрушение грунтовых, стальных, вертикально расположенных резервуаров, коэффициент разлива или, точнее, затопления определяется в зависимости от расположения на местности наземного резервуара:

$f = 12$ – для резервуаров, расположенных на возвышенности;

$f = 5$ – для резервуаров, имеющей уклон, но не более 1% , на поверхности.

$$S_m = S_n = 250(\text{м}^2), \quad (2.21)$$

Площадь тушения равна площади пожара.

Вычислим, какой требуется расход – $Q_{\text{мп}}$ защиту резервуара огнетушащего вещества:

$$Q_{\text{мп}}^m = V_p \cdot I_{\text{мп}} = 50 \cdot 0,35 = 17,5, \quad (2.22)$$

где V_p - объем резервуара;

I_{mp} - интенсивность подачи, требуемая ОВ на защиту резервуара.

Вычислим количество стволов подаваемых на защиту резервуара - $N_{ств}^m$, шт.:

Защиту резервуара будем производить стволами РС - 70.

$$N_{ств}^m = \frac{Q_{mp}^m}{q_{ств}} = \frac{17,5}{7} \approx 3, \quad (2.23)$$

где $q_{ств} = 7$ л/с расход ствола.

Для защиты соседних резервуаров и резервуара, из которого произошел розлив понадобится 9 стволов РС - 70.

Вычислим необходимый расход - Q_{mp} средств тушения на защиту соседних резервуаров, расположенных на расстоянии от 10 до 15 метров:

$$Q_{mp}^m = V_p \cdot I_{mp} = 50 \cdot 0,15 = 7,5, \quad (2.24)$$

где V_p - объем резервуара.

I_{mp} - интенсивность подачи (требуемая) ОВ на защиту резервуара,

Рассчитаем необходимое количество стволов на защиту резервуаров, находящихся от очага на расстоянии от 10 до 15 метров - $N_{ств}^m$, шт.:

Защиту резервуаров будем производить стволами РС-50.

$$N_{ств}^m = \frac{Q_{mp}^m}{q_{ств}} = \frac{7,5}{3,5} \approx 3, \quad (2.25)$$

где $q_{ств} = 3,5$ л/с расход ствола.

Для защиты резервуаров, находящихся на расстоянии от 10 до 15 метров принимаем по 3 ствола РС - 50 на каждый резервуар, следовательно, принимаем 6 стволов РС - 50.

Принимаем дополнительно:

- 1 ствол на защиту производственного цеха;
- 3 пожарных ствола на защиту соседних групп резервуаров.

Определяем требуемый расход ВМП средней кратности по раствору, необходимый для тушения горящего резервуара:

$$Q_{\text{тр.вмп}} = S_{\text{пож.}} \cdot J_{\text{тр}} = 250 \cdot 0,3 = 75 \text{ л/сек}, \quad (2.26)$$

где $J = 0,3$ л/сек*м – требуемая скорость подачи пенообразователя общего назначения.

Определим необходимое количество приборов подачи пены на тушение резервуара:

Подача пены низкой кратности с помощью ГПС - 600:

а) Расчет необходимого количества ГПС-600 для тушения:

$$N_{\text{ГПС-600}} = Q_{\text{тр вмп}} / q_{\text{ст}} = 75 / 6 = 13 \text{ ГПС-600}$$

Вычислим количество пенообразователя, необходимое для тушения, с учетом коэффициента запаса и нормативного времени тушения:

$$V = q_{\text{по}} \cdot N_{\text{ств}} \cdot T_{\text{п}} \cdot K \cdot 60 = 13 \cdot 0,36 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 3 = 12636 \text{ л.}, \quad (2.27)$$

где $q = 0,36$ л/сек расход пенообразователя ГПС-600;

$N = 13$ шт. количество стволов ГПС-600;

$T_{\text{п}} = 15$ минут время тушения по нормативу

$K = 3$ разовый запас пенообразователя

Обеспеченность объекта огнетушащими веществами.

$$Q_{вод} = 161 л/с > Q_{ф} = 98(л/с), \quad (2.28)$$

$$Q_{ф} = Q_{ф}^3 = 98(л/с),$$

$$Q_{ф}^3 = \sum N_{ств}^m \cdot q_{ств} = 9 \cdot 7 + 10 \cdot 3,5 = 98(л/с),$$

Где $Q_{ф}$ - фактический расход ОВ;

$Q_{вод}$ - водоотдача водопроводной сети.

Водоснабжение удовлетворительное.

Количество пожарных автомобилей основного назначения устанавливаемых на водных источниках при использовании их насосов на полную мощность - $N_{ПА}$, шт.:

$$N_{ПА} = \frac{Q_{ф}}{0,8 \cdot Q_{н}} = \frac{98}{0,8 \cdot 40} \approx 4(ПА), \quad (2.29)$$

где $Q_{н}$ - производительность насоса пожарного автомобиля, л/с.

Определяем предельное расстояние – N_p^{np} (в рукавах) по подаче воды к месту пожара:

$$N_p = \frac{H_n - (H_p \pm Z_m \pm Z_{ств})}{S_p \cdot Q_{м.р.}^2} = \frac{90 - (45 + 0 + 0)}{0,015 \cdot 14^2} = 10 \text{ штук} \quad (2.30)$$

где H_n - напор на насосе пожарного автомобиля, (в расчетах принимается $H_n = 90$ метров водяной струи);

H_p - напор у разветвления. Напор у разветвления принимается на 10 м. вод. ст. больше, чем у насадки ствола.

$$H_p = H_{ств} + 10 = 35 + 10 = 45,$$

где $H_{cm6} = 35$ – напор у ствола, метр водяной струи.

$Z_M = 0$ – высота подъема или спуска местности, метр

$Z_{cm6} = 0$ – высота подъема или спуска приборов тушения пожара, метр;

$S_p = 0,015$ – сопротивление пожарного рукава в магистральной рукавной линии;

$Q_{м.л.}$ – количество огнетушащего вещества, проходящего по пожарному рукаву в наиболее загруженной магистральной рукавной линии (расход).

Определяем численность личного состава – $N_{л/с}$ необходимого для тушения пожара на 11-ой минуте, чел.

$$N_{л/с} = (\sum n_i^{л/с}) \cdot K_p = ((3 \cdot 3) + (2 \cdot 3) + (1 \cdot 3) + (2 \cdot 3) + 6 + 2) \cdot 1,2 = 39 \text{ (чел.)}, \quad (2.31)$$

где $n_i^{л/с}$ – количество личного состава необходимого для выполнения i - того вида работы;

K_p - коэффициент, учитывающий резерв личного состава и сложность выполняемых работ.

(6·3) чел.- 6 звеньев ГДЗС на тушение пожара;

(2·3) чел. - 2 резервных звена ГДЗС;

(6·1) чел. - 6 постов безопасности;

(2·1) чел. - работа на разветвлениях (2 разветвление);

Количество отделений $N_{отд}$ необходимого для тушения пожара на 11-ой минуте:

$$N_{отд} = \frac{39}{5} = 8 \text{ (отделений)}$$

Определяем требуемый расход ВМП средней кратности по раствору, необходимый для тушения горящего резервуара:

$$Q_{\text{тр.вмп}} = S_{\text{пож.}} \cdot J_{\text{тр}} = 250 \cdot 0,3 = 75 \text{ л/сек.}, \quad (2.32)$$

где $J_{\text{тр}} = 0,3 \text{ л/сек} \cdot \text{м}_2$ – нормативная интенсивность подачи раствора пенообразователя общего назначения

Количество приборов подачи пены на тушение резервуара:

Подача пены низкой кратности с помощью ГПС-600:

а) количество ГПС-600 для тушения:

$$N_{\text{ГПС-600}} = Q_{\text{тр.вмп}} / q_{\text{ст}} = 75 / 6 = 13 \text{ ГПС-600}, \quad (2.33)$$

Вычислим необходимое количество пенообразователя, для тушения, с учетом коэффициента запаса и нормативного времени тушения:

$$V_{\text{по}} = q_{\text{по}} \cdot N \cdot T_{\text{п}} \cdot K \cdot 60 = 13 \cdot 0,36 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 3 = 12636 \text{ л.}, \quad (2.34)$$

где $q_{\text{по}} = 0,36 \text{ л/сек}$ расход пенообразователя ГПС-600;

$N = 13$ шт. количество стволов ГПС-600;

$T_{\text{п}} = 15$ минут время тушения по нормативу

$K = 3$ разовый запас пенообразователя

Пожары на данных объектах приводят к серьезным экономическим последствиям, и их тушение является одним из самых сложных, так как они в большинстве случаев сопровождаются взрывом и разрушением соседних резервуаров и оборудования. Эффективность тушения усложняется рядом следующих факторов:

- повышенная температура окружающей среды;
- угроза взрыва;
- большая площадь пожара;

-необходимо привлечь значительное количество личного состава подразделений пожарной охраны и техники;

- требуется большой объем огнетушащего вещества;

Для осуществления эффективного тушения пожара, возникшего в резервуарном парке необходимо проводить пенную атаку. Данный способ тушения особенно сложен тем, что необходимо произвести точные расчеты по количеству необходимого личного состава подразделений противопожарной службы, а также техники и требуемого объема огнетушащего вещества. При этом следует учитывать, что для проведения пенной атаки необходим трехкратный запас пенообразователя. Проведя необходимые расчеты, руководитель тушения пожара определяет места ствольщиков (места подачи пены). Осуществляет личный контроль, правильности прокладки магистральных, рабочих линий и надежность крепления в местах соединения. Определяет сигнал угрозы взрыва и доводит его до всех участников тушения пожара.

В большинстве случаев к моменту начала пенной атаки пожар уже переходит в развитую стадию.

Подача воздушно-механической смеси осуществляется только по приказу руководителя тушения, одновременно всеми расчетными средствами и силами. Тушение осуществляется до полного прекращения горения, но не более 15 минут. Если в течение этого времени пожар не потушен, РТП дает команду на прекращения пенной атаки и выясняет причины. К таким причинам можно отнести:

- не правильно необходимый расчет;
- малая насыщенность пенообразователя в растворе

Из выше сказанного, следует, что лучше целесообразнее предотвратить пожар, чем его тушить.

Для тушения условного пожара, а также выполнения АСР сил и средств, несущих боевое дежурство подразделений ГПС г. Тверь по вызову

достаточно не будет, необходим сбор резервных смен и привлечение сил и средств, согласно, Межрайонному плану.

Схема, отражающая расстановку сил и средств осуществления пенной атаки в резервуарном парке, представлена в приложении Б.

2.3 Разработка научно-технического проекта обеспечения пожарной безопасности

Актуальной проблемой на сливо-наливной эстакаде остается возникновение взрывоопасных ситуаций, связанных с воспламенением концентраций паровоздушной смеси, образование которых происходит в результате сливо-наливных работ. В целях обеспечения защиты от возникновения пожара, предлагаю конкретное инженерное решение, применение которого позволит значительно повысить степень защищенности при пожаре данного технологического процесса.

Разработан научно-технический проект системы. При его внедрении значительно понизится риск возникновения пожара на нефтебазе, а именно, разработан проект оборудования сливо-наливной эстакады цистерной для аварийного слива топлива в случае возникновения внештатной ситуации.

В качестве базового варианта подземной цистерны для аварийного слива топлива, рассмотрим железнодорожную цистерну для перевозки бензина.

Рассчитаем площади сливных отверстий

1. Данные необходимые для расчета:

- площадь их поперечного сечения σ , количество трубопроводов n , расположенных ниже уровня горючей жидкости в аппарате, и (для всех вариантов допускается условие, что все отводящие трубопроводы расположены ниже уровня жидкости);

- площадь поперечного сечения аппарата F_a , м²;

- уровень высоты жидкости над трубопроводами H (принимается

равной 50% от высоты аппарата), м;

- высоту борта поддона L (принимается не менее 0,15 м), м;

- интенсивность орошения водой, подаваемой из установок пожаротушения, площади поддона I, кг/(м²*с) (принимается 0,5 кг/(м²*с) для всех вариантов

- скорость выгорания горючей жидкости W (принимается по справочной литературе для заданного вещества);

- избыточное давление в аппарате над поверхностью жидкости P.

Целью расчета является выбор площади поддона F_п и расчет площади сливного отверстия f.

1. По заданным исходным данным определим начальные расходы Q_i, м³/с, жидкости из аппарата через отверстия, равные сечению трубопроводов, расположенных на аппарате, по формуле:

$$Q_i = \varphi \cdot \sigma_i \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_i} = 0,65 \cdot 0,017 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,75} = 0,06 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.35)$$

где $\varphi = 0,65$ - коэффициент истечения жидкости через отверстие;

σ_i - площадь сечения i-го трубопровода;

g - ускорение силы тяжести;

H_i - высота уровня жидкости над i-м трубопроводом.

3. По наибольшему из вычисленных начальных расходов Q_{max} выберем площадь отверстия в аппарате σ и высоту уровня жидкости над ним H₀.

4. Из конструктивных соображений выбираем площадь поддона F_п, м².

Рассчитываем площадь поперечного сечения аппарата:

$$F_a = \pi D^2 / 4 = 3,14 \cdot 10^2 / 4 = 78,5 \text{ м}^2, \quad (2.36)$$

и, принимая сторону квадратного поддона большей на 1 м диаметра аппарата, найдем площадь поддона:

$$F_n = (D + 1)^2 = (10 + 1)^2 = 121 \text{ м.}, \quad (2.37)$$

5. Определяем время:

$$m = \frac{F_a H_0}{F_n h_{\max}} = \frac{78,5 \cdot 3,5}{121 \cdot 0,32} = 7,1, \quad (2.38)$$

где $h_{\max} = 0,8 \text{ L}$ - максимально допустимый уровень жидкости в поддоне.

6. Вычисляем объем жидкости, поступающей в поддон в единицу времени от установки пожаротушения Q_0 , по формуле:

$$Q_0 = \frac{(I - W) F_n}{\rho} = \frac{(0,5 - 0) \cdot 121}{1000} = 0,06, \quad (2.39)$$

где ρ - плотность огнетушащей жидкости.

7. Определяем напор, создаваемый сжатыми газами в аппарате:

Так как $P = 0$, то напор, создаваемый сжатыми газами над поверхностью жидкости $H_p = 0$.

где ρ - плотность воды.

Вычисляем значение параметра:

$$b = \ln \left[\sqrt{\frac{F_a (H_0 + H_p)}{F_n h_{\max}}} \left(1 + \frac{Q_0}{Q_{\max}} \sqrt{\frac{H_0}{H_0 + H_p}} \right) \right], \quad (2.40)$$

$$b = \ln \left[\sqrt{\frac{78,5(0 + 1,75)}{121 \cdot 0,32}} \left(1 + 1 \sqrt{\frac{0}{0 + 1,75}} \right) \right] = 0,63$$

$$f = 2 \cdot a \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{F_n}{F_a}} = 2 \cdot 0,54 \cdot 0,017 \cdot \sqrt{\frac{121}{78,5}} = 0,022 \text{ м}^2, \quad (2.41)$$

Аварийный резервуар должен иметь объем не менее 30% от общей вместимости всех резервуаров, установленных в производственных корпусах склада расходных материалов, и не менее вместимости самого большого из этих резервуаров. Поскольку аварийный сливной резервуар предназначен для аварийной разгрузки нефтепродуктов на насыпной сливной эстакаде, емкость резервуара составляет 62 тонны, что соответствует объему одного железнодорожного резервуара для перевозки нефтепродуктов.

Общий вид и параметры резервуара, предназначенного для аварийного слива топлива, представлен в приложении В.

Результаты расчетов составили:

1. Поддон под железнодорожным полотном на сливо-наливной эстакаде будет иметь следующие размеры: длина и ширина - 10 м, высота бортика поддона 0,45 м.

2. Площадь отверстия слива в аварийную цистерну 0,022 м², то есть диаметр трубопровода 150 мм.

3. Объем аварийного сливного резервуара будет 62 тонны, что соответствует объему одной железнодорожной цистерны для перевозки нефтепродуктов.

4. На трубопровод, ведущий к аварийной сливной цистерне, устанавливаем гидрозатвор марки ЗКС - 16 31с91нж.

Технико-экономическая оценка предлагаемых решений

Выбор основного варианта

Основным вариантом является вариант (Стандарт), с которым сравнивается предлагаемый вариант. При выборе базового варианта необходимо руководствоваться следующими принципами:

1. базовый и предлагаемый варианты должны соответствовать действующим правилам и нормам;
2. базовый вариант должен быть экономически сопоставим с предлагаемым вариантом, стоимостные показатели сравниваемых вариантов должны приниматься в ценах одного и того же периода, а охраняемые территории должны быть одинаковыми;
3. базовая версия должна быть самой продвинутой и прогрессивной.

Определение основных параметров

К основным показателям относятся: капитальные затраты-затраты на создание новых, реконструкцию и модернизацию существующих основных фондов;

- эксплуатационные расходы-затраты на поддержание объекта в рабочем состоянии и текущие расходы;

- материальный ущерб от пожара - стоимость уничтоженного и поврежденного имущества; затраты на тушение и ликвидацию пожара, на восстановление объекта.

Так как рассматривается одна и та же нефтебаза, то ущерб от пожара будет одинаковым в обоих случаях, то есть: $I_1 = I_2 = 0$.

Эксплуатационные расходы в данном случае из-за сложности подсчета и значительно не влияющие на окончательный расчет можно принять равными в обоих случаях: $C_1 = C_2 = 0$.

Приведенные затраты по базовому варианту и предлагаемому варианту будут равны:

Приведенные затраты по базовому варианту и предлагаемому варианту будут равны:

$$P_i = 0,15 \cdot K_i \cdot C_i \cdot Y_i, \quad (2.42)$$

где K_1 - капитальные вложения (тыс. руб.),

C_1 - эксплуатационные расходы (тыс. руб.),

Y_1 - ущерб от пожара (тыс. руб.),

Базовый вариант $K_1 = 0$, $C_1 = 0$ $Y_1 = 3000000$ рублей,

$\Pi_1 = 3100000$ (руб.),

$Y_2 = 1000000$ (руб.),

$\Pi_2 = 1000000 + 1200000 + 250000 + 2250000$ (тыс.руб.),

Экономический эффект (\mathcal{E}) от применения предложенного технического решения рассчитаем по формуле:

$$\mathcal{E} = \Pi_1 - \Pi_2 , \quad (2.43)$$

$$\mathcal{E} = 3000000 - 2250000 + 750000 \text{ (тыс. руб.)}$$

Заключение: результаты расчетов показывают, что предлагаемые технические решения, а именно оборудование сливной загрузочной стойки Факела, сливного поддона и аварийного сливного бака экономически выгодны, так как масло будет пригодно для дальнейшего использования.

3 Экспериментальные исследования, подтверждающие повышение уровня обеспечения пожарной безопасности и технологического процесса хранения нефтепродуктов на нефтебазе

3.1 Исследование в форме математического моделирования процессов при перекачке жидкости

Математическое моделирование основано на явлении изоморфизма - сходства форм с качественными различиями явлений. Благодаря изоморфизму мы можем моделировать одну систему с другой и изучать другую вместо одного явления. В математическом моделировании вместо изучения и исследования оригинала исследуются математические зависимости, описывающие оригинал [27].

Математическое моделирование - это процесс установления соответствия реального физического объекта математическому объекту (математическое описание), называемому моделью математической, и проведение исследования этой, позволяющее получить, с некоторой аппроксимацией, характеристики объекта [27].

Рассмотрим математическую модель зависимости диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступающего топлива из устройства.

В таблице представлены данные диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступаемого топлива из аппарата.

Таблица 20 - Исходные данные

Ряд	d(мм)	Q(м3/с)	m
ряд 1	110	0,06	2
ряд 2	150	0,06	2
ряд 3	200	0,06	2

где d - диаметр отверстия (мм)

Q - объем поступаемого топлива из аппарата (м3/с)

m - угла наклона поддона

На рисунке 3 представлена математическая модель зависимости диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступающего топлива из аппарата

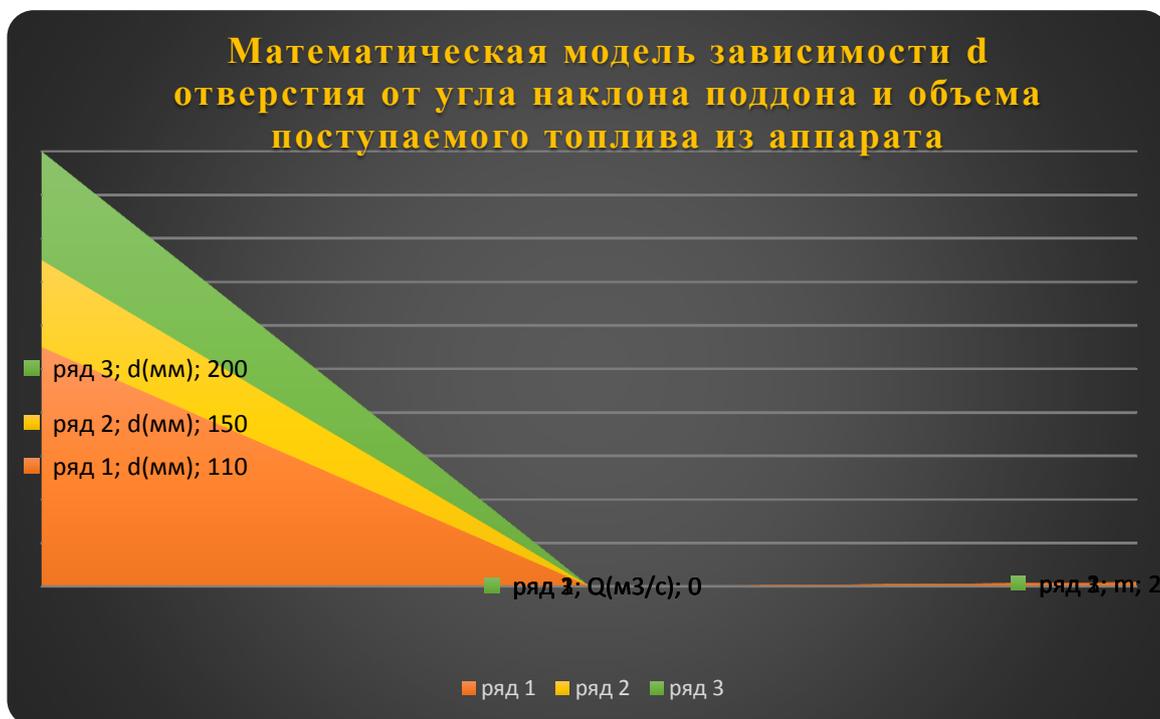


Рисунок 3 - Математическая модель зависимости диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступающего топлива из аппарата

По данным таблицы построена математическая модель, которая показывает зависимость диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступающего топлива из устройства.

При диаметре отверстия 110 мм и количестве подаваемого из устройства топлива $0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ и угол наклона поддона составляет 2 градуса, топливо, поступающее из устройства в случае аварийной ситуации, подается в полном объеме в аварийную цистерну.

При диаметре отверстия 150 мм и количестве подаваемого из устройства топлива $0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ и угол наклона поддона составляет 2 градуса, топливо, поступающее из устройства в случае аварийной ситуации, подается в полном объеме в аварийную цистерну.

Если диаметр отверстия равен 200 мм, а количество подаваемого из устройства топлива равно $0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ и угол наклона поддона составляет 2

градуса, поступающее из устройства топливо в случае аварийной ситуации подается в полном объеме в аварийную цистерну.

В таблице представлены данные диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступаемого топлива из аппарата.

Таблица 21 - Исходные данные

Ряд	d(мм)	Q(м ³ /с)	m
ряд 1	110	0,06	5
ряд 2	150	0,06	5
ряд 3	200	0,06	5

где d - диаметр отверстия (мм)

Q - объем поступаемого топлива из аппарата (м³/с)

m - угла наклона поддона

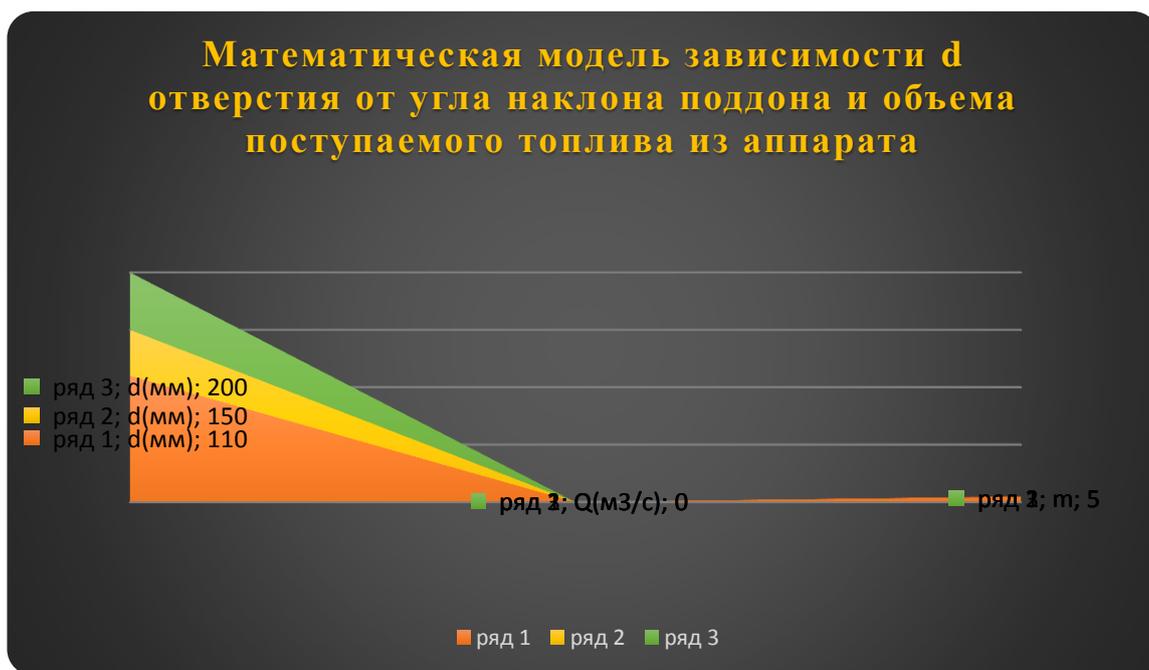


Рисунок 4 - Математическая модель зависимости диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступаемого топлива из аппарата

По данным таблицы построена математическая модель, которая показывает зависимость диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступающего топлива из устройства.

При диаметре отверстия 110 мм и количестве подаваемого из устройства топлива 0,06 м³/с и угол наклона поддона составляет 5 градусов, топливо, поступающее из устройства, при возникновении аварии подается в полном объеме в аварийную цистерну.

При диаметре отверстия 150 мм и количестве подаваемого из устройства топлива 0,06 м³/с и угол наклона поддона составляет 5 градусов, топливо, поступающее из устройства, в случае возникновения аварийной ситуации подается в полном объеме в аварийную цистерну.

Если диаметр отверстия равен 200 мм, а количество подаваемого из устройства топлива равно 0,06 м³/с и угол наклона поддона составляет 5 градусов, поступающее из устройства топливо при аварийной ситуации подается в полном объеме в аварийную цистерну.

В таблице представлены данные диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступаемого топлива из аппарата.

Таблица 22 - Исходные данные

Ряд	d(мм)	Q(м ³ /с)	m
ряд 1	110	0,06	7
ряд 2	150	0,06	7
ряд 3	200	0,06	7

где d - диаметр отверстия (мм)

Q - объем поступаемого топлива из аппарата (м³/с)

m - угла наклона поддона

На рисунке 5 представлена математическая модель зависимости диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступаемого топлива из аппарата.

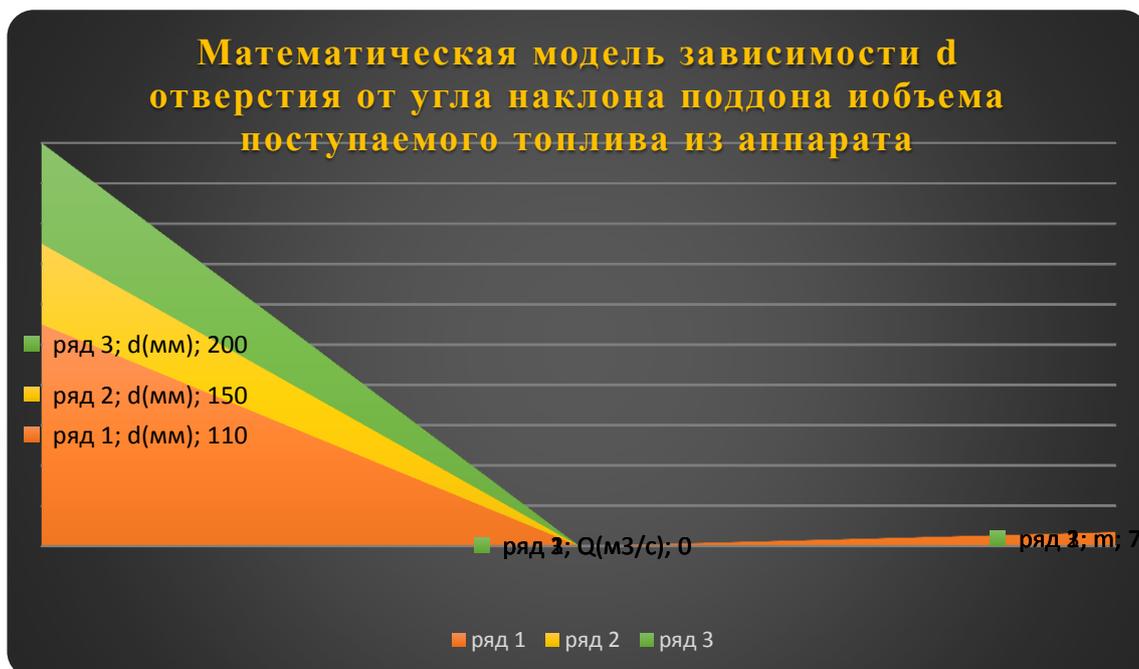


Рисунок 5 - Математическая модель зависимости диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступающего топлива из аппарата

По данным таблицы построена математическая модель, которая показывает зависимость диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступающего топлива из устройства.

При диаметре отверстия 110 мм и количестве подаваемого из устройства топлива $0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ и угол наклона поддона составляет 7 градусов, топливо, поступающее из устройства, при возникновении чрезвычайной ситуации подается в полном объеме в аварийную цистерну.

При диаметре отверстия 150 мм и количестве подаваемого из устройства топлива $0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ и угол наклона поддона составляет 7 градусов, топливо, поступающее из устройства, в случае возникновения аварийной ситуации подается в полном объеме в аварийную цистерну.

Если диаметр отверстия равен 200 мм, а количество подаваемого из устройства топлива равно $0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ и угол наклона поддона составляет 7 градусов, поступающее из устройства топливо в случае аварийной ситуации подается в полном объеме в аварийную цистерну.

Рассмотрена математическая модель зависимости диаметра отверстия от угла наклона поддона и объема поступающего топлива из аппарата.

Выявлены изменения параметров при разных диаметрах отверстия и углов наклона поддона.

В качестве единственного верного варианта, принимаем:

- диаметр отверстия -150 мм, так как приемное устройство и другая арматура данной сливо-наливной арматуры имеет диаметр 150 мм, следовательно, все механизмы и устройства будут иметь равный диаметр отверстий.

- угол наклона поддона - 5 градусов, так как при данном угле увеличивается скорость течения топлива к отверстию резервуара при возникновении аварийной ситуации.

Рассмотрим математическую модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата.

Таблица 23 - Исходные данные

Ряд	d	m	Sп	Q
ряд 1	110	5	45	60
ряд 2	150	5	45	60
ряд 3	200	5	45	60

где d - диаметр отверстия

m - угол наклона поддона

Sп - площадь поддона (м³)

Q - объем поступающего топлива из аппарата (м³/с)

На рисунке 6 представлена математическая модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата

Математическая модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата

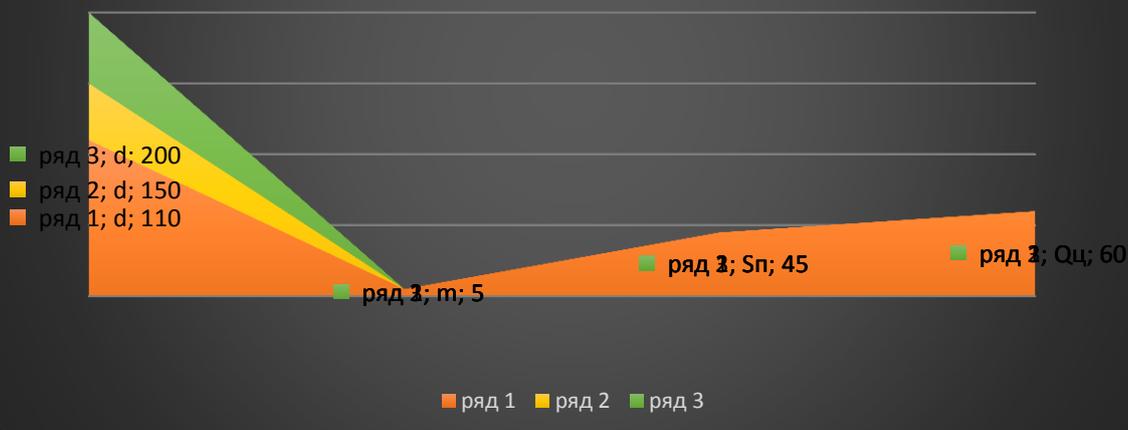


Рисунок 6 - Математическая модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата

По данным таблицы построена математическая модель, которая показывает зависимость площади и угла наклона поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из устройства.

При площади поддона 45 м^3 и угле наклона 5 градусов диаметр отверстия составляет 110 мм , а максимальное количество подаваемого из устройства топлива - 60 м^3 . При аварийной ситуации эта площадь поддона способна принять максимальное количество топлива из устройства.

Площадь поддона 45 м^3 , и угол наклона 5 градусов, диаметр отверстия 150 мм и максимальное количество топлива, поступающего из устройства, $60 \text{ м}^3/\text{с}$.

Эта площадь поддона способна принять максимальное количество топлива из устройства, в момент возникновения аварии.

При площади поддона 45 м^3 и угле наклона 5 градусов, диаметре отверстия 200 мм и максимальном количестве подаваемого из устройства топлива $60 \text{ м}^3/\text{с}$, случае аварийной ситуации эта площадь поддона способна принять максимальное количество топлива из устройства.

Таблица 24 - Исходные данные

Ряд	d	m	Sп	Q
ряд 1	110	5	45	30
ряд 2	150	5	45	30
ряд 3	200	5	45	30

где d - диаметр отверстия

m - угол наклона поддона

Sп - площадь поддона (m^3)

Q - объем поступающего топлива из аппарата (m^3/c)

На рисунке 7 представлена математическая модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата

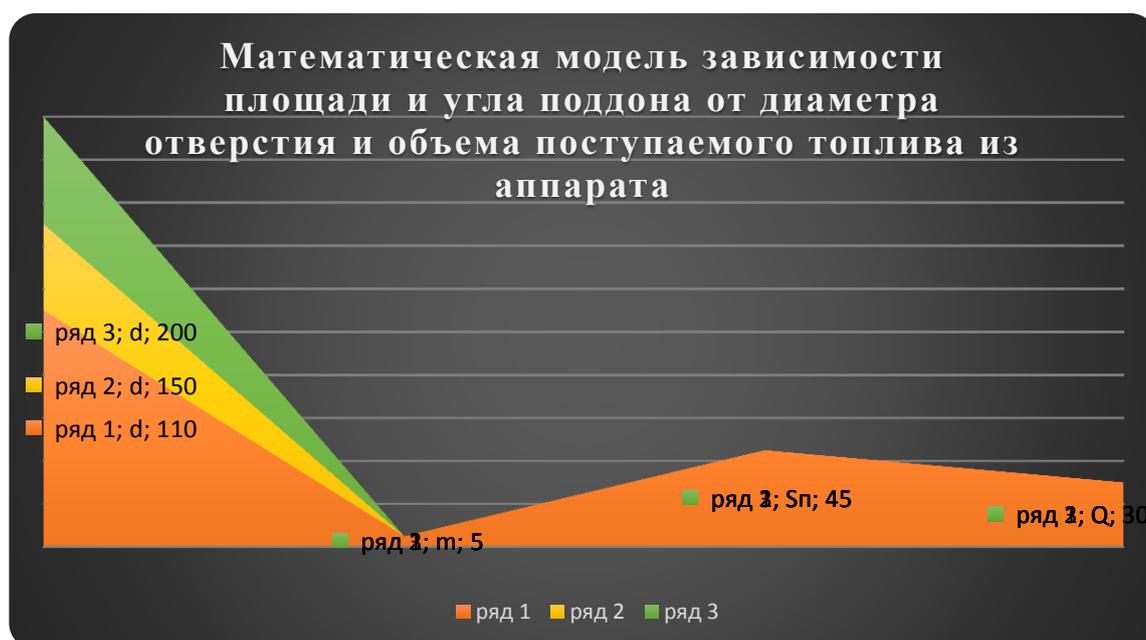


Рисунок 7 - Математическая модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата

При площади поддона $45 m^3$ и угле наклона 5 градусов, диаметре отверстия 110 мм, видим, что максимальном количестве топлива, подаваемого из устройства $30 m^3/c$, способна принять данная площадь поддона.

При возникновении аварийной ситуации поддон площадью поддона 45, диаметром отверстия 150 мм m^3 и углом наклона 5 градусов, видим, что способен эффективно принимать максимальное количество топлива, подаваемого из устройства 30 m^3/c .

Имея площадь поддона 45 m^3 , угол наклона 5 градусов, диаметр отверстия 200 мм, поддон способен принять максимальное количество топлива, поступающего из устройства 30 m^3/c .

Таблица 25 - Исходные данные

Ряд	d	m	Sp	Q
ряд 1	110	5	45	0,06
ряд 2	150	5	45	0,06
ряд 3	200	5	45	0,06

где d - диаметр отверстия (мм)

m - угол наклона поддона

Sp - площадь поддона (m^3)

Q - объем поступающего топлива из аппарата (m^3/c)

На рисунке 8 представлена математическая модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата.

Математическая модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата

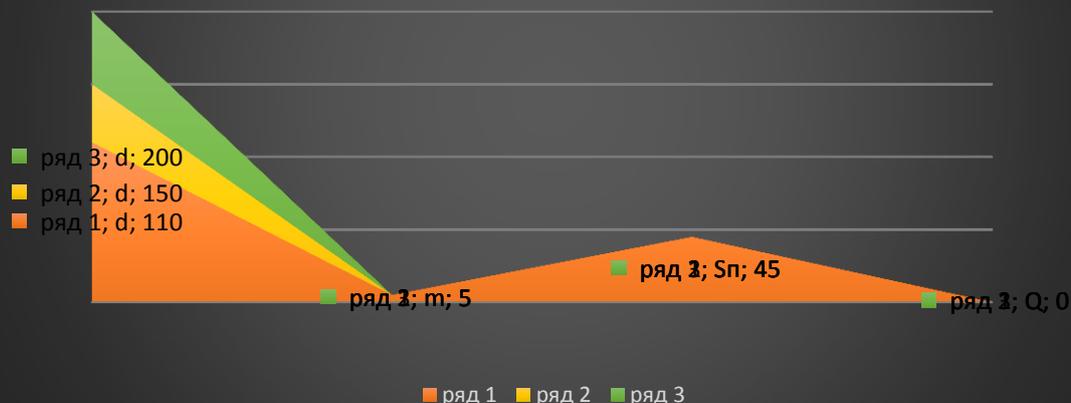


Рисунок 8 - Математическая модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата

Имея площадь поддона 45 м^3 , угол наклона 5 градусов и диаметр отверстия 110 мм, видим, что поддон способен принять максимальный объем топлива пролитого из аварийного аппарата $0,06 \text{ м}^3/\text{с}$.

Из всего вышесказанного, можно сделать вывод: анализируя, математическую модель зависимости площади и угла поддона от диаметра отверстия и объема поступающего топлива из аппарата, выявлены изменения параметров при разных диаметрах отверстия и при разных объемах поступающего топлива из аппарата.

В качестве единственного верного варианта, принимаем:

- диаметр отверстия - 150 мм, так как приемное устройство и другая арматура данной сливо-наливной арматуры имеет диаметр 150 мм, следовательно, все механизмы и устройства будут иметь равный диаметр отверстий.

- угол наклона поддона - 5 градусов, так как при данном угле увеличивается скорость течения топлива к отверстию резервуара при аварии на нефтебазе.

- площадь поддона принимаем 45 м^3 , так как железнодорожная цистерна для перевозки нефтепродуктов имеет следующие геометрические размеры: длина - 9,64 м., ширина – 2.79 м.

3.2 Комплекс неотложных мероприятий по повышению устойчивости объекта к возникновению и развитию пожара

Рекомендации по повышению уровня объектов нефтепродуктообеспечения от пожаров, расположенных в зоне обслуживания, предполагается следующий комплекс мероприятий:

1. Кроме оперативных планов пожаротушения, для каждого пожаровзрывоопасного технологического участка (резервный парк, насосная станция и т.п.) на нефтебазе должен быть разработан план ликвидации аварий (ПЛА), в нем предусматривается, оперативные действия персонала по ликвидации аварий могут быть использованы «Временные рекомендации по разработке планов ликвидации аварийных ситуаций»

2. Хранение нефтепродуктов в резервуарах вертикального типа со стационарной крышей должно осуществляться с применением газоуравнительных обвязок и устройств улавливания паров.

3. Газоуравнительные обвязки должны быть защищены огнепреградителями антидетонационного типа. Допускается установка барбатов, которые обеспечивают постоянное поддержание концентрации паров нефтепродуктов выше верхнего предела распространения пламени в газоуравнительной обвязке.

4. Мониторинг технического состояния резервуаров, в том числе их днищ, должен осуществляться в соответствии с действующей системой планово-предупредительных ремонтных работ оборудования на предприятиях, обеспечивающих нефтепродуктами.

5. Фундаменты резервуаров должны иметь радиальные каналы, обеспечивающие видимый контроль вероятной утечки нефтепродукта т ее отвод в промышленную канализацию.
6. Электроприводные задвижки должны быть установлены за пределами обвалования.
7. Молниезащита резервуарного парка должна быть выполнена в виде стержневых молниеотводов стоящих отдельно.
8. Обвалование выполняется, с применением гидроизоляционных материалов, которые обеспечивают предотвращение проникновения нефтепродуктов в грунт.
9. Технологическая схема должна обеспечивать аварийный слив нефтепродукта из резервуара самотеком или путем подключения передвижных насосов.
10. Должны быть оборудованы средствами контроля и управления переливом специальные системы аварийного приема нефтепродуктов.
11. Необходимо запроектировать строительство поддона на сливно-наливной эстакаде для сброса нефтепродуктов на случай аварии.
12. Узлы задвижек (кроме коренных) расположить за обвалованием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общество с ограниченной ответственностью «Сбытовое Объединение «Тверьнефтепродукт» относится к объекту повышенной пожарной опасности, обусловленной концентрацией на его территории значительного количества горючей жидкости (в основном нефтепродуктов) в резервуарном парке, железнодорожных цистернах, трубопроводах и индивидуальных контейнерах.

Пожары в резервуарах и нефтебазах наносят большой материальный ущерб, требует привлечения и использования большого количества сил и средств подразделений пожарной охраны, запаса огнетушащих веществ.

В соответствии с принципами пожарной безопасности, требованиями действующих правил и норм, а также анализом статистических данных о пожарах и авариях на нефтебазах разработаны варианты развития чрезвычайных ситуаций.

В диссертации анализируются причины возникновения пожаров на нефтебазе.

Проведенный анализ позволил спрогнозировать последствия чрезвычайных ситуаций в резервуарном парке хранения нефтепродуктов. Выбрать вариант с наиболее тяжелыми последствиями по воздействию опасных факторов аварии и пожара на персонал объекта, производственные здания и сооружения, а также природные объекты.

Определены методы определения пожарной опасности.

Рассмотрена возможность аварии на нефтебазе, вызванной разливом бензина при полной разгерметизации резервуара с легкими нефтепродуктами, как наиболее опасной, так как она может полностью разрушить резервуары с нефтепродуктами с повреждением технологического оборудования. Не исключено, что нефтебаза и близлежащие дома, примыкающие к нефтебазе, могут быть незначительно повреждены.

Произведен расчет сил и средств тушения пожара на Сбытовом объединение «Тверьнефтепродукт». Для тушения условного пожара и проведения аварийно – спасательных работ сил и средств подразделений ГПС г. Тверь будет недостаточно. Необходим сбор резервных смен и привлечения сил и средств Межрайонного плана.

Произведен расчет сил и средств тушения пожара в организации «Тверьнефтепродукт». Для тушения условного пожара и проведения аварийно-спасательных работ сил и средств подразделений ГПС г. Тверь по вызову будет меньше требуемого. Необходим сбор резервных смен и привлечение сил и средств Межрайонного плана.

Разработан научно-технический проект обеспечения пожарной безопасности сбытовой компании, по оборудованию сливо-наливной эстакады цистерной для аварийного слива топлива в случае возникновения внештатной ситуации.

Составлена Схема расстановки сил и средств тушения пожара.

Проведено исследование в форме математического моделирования процессов при перекачке жидкости.

Следовательно, можно сделать вывод, что предлагаемые технические решения, а именно оборудование сливо-наливной эстакады отбортовками, поддоном, а также аварийной сливной цистерной экономически выгоднее, так как нефтепродукты будут пригодны для дальнейшего использования.

Проведенная количественная оценка при внедрении вышеизложенных технических решений показала их способность обеспечить пожарную безопасность населения и территории района от пожарной опасности нефтебазы.

Разработан комплекс неотложных мероприятий по повышению устойчивости объекта к возникновению и развитию пожара.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Российская Федерация. Конституция (1993). Конституция Российской Федерации : офиц. текст. – М. : Юрид. Лит., 2009. – 64 с.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ. - URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения 12.11.2019).
3. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 69-ФЗ. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_5438/ (дата обращения 09.10.2019).
4. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/ (дата обращения 09.10.2019).
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_78699/ (дата обращения 09.10.2019).
6. Приказ МЧС России от 31.03.2011 №156 «Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны» [Электронный ресурс]. – URL : <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=LAW&n=115189&req=doc> (дата обращения 15.10.2019).
7. Приказ Ростехнадзора от 07.11.2016 N 461 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности складов нефти и нефтепродуктов» [Электронный ресурс]. – URL :

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_208197/ (дата обращения 15.10.2019).

8. Приказ МЧС РФ от 25 марта 2009 г. N 181 «Об утверждении свода правил. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения» [Электронный ресурс]. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_91588/ (дата обращения 15.10.2019).

9. Приказ Минэнерго России от 19.06.2003 N 232 «Об утверждении Правил технической эксплуатации нефтебаз» [Электронный ресурс]. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43378/ (дата обращения 15.10.2019).

10. Постановление Правительства РФ от 21.08.2000 N 613 (ред. от 14.11.2014) «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» [Электронный ресурс]. - URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения 15.10.2019).

11. Постановление Правительства РФ от 15.04.2002 N 240 (ред. от 14.11.2014) «О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации» [Электронный ресурс]. - URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения 15.10.2019).

12. ГОСТ 12.1.004-1991 Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 1992–07–01. – М. : ФГПУП Стандартиформ, 1991. – 68 с.

13. ГОСТ Р 12.3.047-1998 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – Введ. 2000–01–01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1998. – 86 с.

14. ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывоопасность. Общие требования. – Введ. 1976–01–01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 7 с.

15. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность

технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – Введ. 2014–01–01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 65 с.

16. ГОСТ Р 58202-2018 Средства индивидуальной защиты людей при пожаре. Нормы и правила размещения и эксплуатации. Общие требования. – Введ. 2018–08–14. – М. : Стандартинформ, 2018. – 19 с.

17. Пат. 2320385 Российская Федерация, МПК А62С 3/06/03/08. Способ и устройство противопожарной защиты резервуаров с нефтепродуктами / Копылов Н.П., Баратов А. Н., Забегаев В. И. ; заявитель и патентообладатель ФГУ Всероссийский науч.-исслед. ин-т противопожарной обороны МЧС России (ФГУ ВНИИПО МЧС России). - № 2005124126/12 ; заявл. 28.07.2005 ; опубл. 27.03.08, Бюл. №9.

18. Пат. 2616848 Российская Федерация, МПК А62С 3/06/04/17. Способ противопожарной защиты резервуаров для хранения жидких горючих веществ и система для его осуществления / Копылов Н. П., Копылов С. Н., Забегаев В. И., Агафонов В. В. ; заявитель и патентообладатель ФГБУ ВНИИПО МЧС России. - № 2015138357 ; заявл.08.09.2015 ; опубл. 18.04. 17, Бюл.№11.

19. Патент 2684743 Российская Федерация, МПК А62С 3/06/11/17. Способ тушения пожаров на крупных резервуарах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями / Горбань Ю. И. ; заявитель и патентообладатель ООО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР». - № 2017140754 ; заявл. 12.04.19 ; опубл. 12.04.19. Бюл.№11.

20. Горина, Л.Н. Государственная итоговая аттестация магистра по направлению подготовки [Текст] «Техносферная безопасность». - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 267 с.

21. Дорошенко, Ф.Е. Повышение надежности эксплуатации резервуаров для нефти и нефтепродуктов / Ф.Е. Дорошенко // Журн. Транспорт и хранение нефтепродуктов. - 2017-№3. С.6-8.

22. Житенев, В.В. Диагностика резервуаров без вывода их из эксплуатации / В.В. Житенев, С.А. Стрижков, В.В. Шемякин // Журн. Транспорт и хранение нефтепродуктов. - 2017. - №4. - С.13-15.
23. Зайченко, В.Н. Улучшение критериев оптимальности при динамическом планировании ремонта резервуаров / В.Н. Зайченко. – М. : Наука, 2015.- 50 с.
24. Казаков, М.В. Средства и способы тушения пламени горючих жидкостей / М.В. Казаков, И.И. Петров, В.И. Реутт. М. : Стройиздат, 1977.- 113.
25. Кандаков, Г.П. Проблемы отечественного резервуаростроения и возможные пути их решения / Г.П. Кандаков. – М. : Промышленное и гражданское строительство, 1998 . – 223с.
26. Коршак, А.А. Системы улавливания легких фракций нефти и нефтепродуктов из резервуаров / А.А. Коршак, И.Г. Блинов. – М. : Уфим. нефт. института, 1991 . - 80с.
27. Кутателадзе, С.С. Гидродинамика газожидкостных систем / С.С. Кутателадзе, А.М. Стыриков. - М. : Энергия, 1980. – 296 с.
28. Кутателадзе, С.С. Теплообмен и трение в турбулентном пограничном слое / С.С. Кутателадзе, А.И. Леонтьев. - М. : Энергия, 1972. - 334с.
29. Кутепов, А.М. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании / А.М. Кутепов, Л.С. Стерман, Н.Г. Стюшин. - М. : Высшая школа, 2005. - 350с.
30. Лавров, Н.В. Процессы горения топлива и защита окружающей среды / Н.В. Лавров, Э.И. Розенфельд, Г.П. Хаустович. - М. : Metallurgia, 1982. – 126 с.
31. Швырков, С. А. Обеспечение пожарной безопасности нефтебаз ограничением разлива нефтепродуктов при разрушениях вертикальных стальных резервуаров :дис. ... канд. техн. наук : Академия ГПС МВД России / Швырков Сергей Александрович – М., 2017. – 179 с.

32. WANG Jun. Application of Preliminary Hazard Analysis in the Accident Analysis of Fire and Explosion of Oil Depots [Электронный ресурс]. – URL : http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-LYLA200802009.htm (дата обращения 20.11.2019).

33. Sun Lin, Pan Yi, Yang Shuangchun. The Cause of Fire and Preventive Measures in Oil Depot / Sun Lin, Pan Yi, Yang Shuangchun // International Journal of Engineering Research and Development – 2012. – Vol. 54, №4. PP. 55-57.

34. Hoek, M. R. Health impact of the Buncefield oil depot fire, December 2005: Study of accident and emergency case records / M. R. Hoek // Journal of Public Health – 2007. – Vol. 29, № 3. PP. 298-302.

35. Fatma Lestari, Warid Nurdiansyah. The Potency of Fire and Explosion Hazard on Premium Oil Storage Tank at Depot X 2007 – 2007- Vol. 11, № 2. PP. 59-64 [Электронный ресурс]. – URL : <http://journal.ui.ac.id/technology/journal/article/view/526> (дата обращения 20.11.2019).

36. Jianfeng Zhou , Analysis of emergency response actions for preventing fire-induced domino effects based on an approach of reversed fuzzy Petri-net / Jianfeng Zhou // Journal of Loss Prevention in the Process Industries – 2017. Vol. 47, № 5. PP. 169-173 [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950423016304764#!> (дата обращения 20.11.2019).

37. Zhao Xiaogang, Ma Jincheng, Dai Xianyin. Comprehensive Evaluation and Analysis System for Fire-Explosivity Hazard of Oil Depot [Электронный ресурс]. – URL : http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-TRYS199704001.htm (дата обращения 20.11.2019).

Приложение Б

Схема расстановки сил и средств осуществления проведения пенной атаки

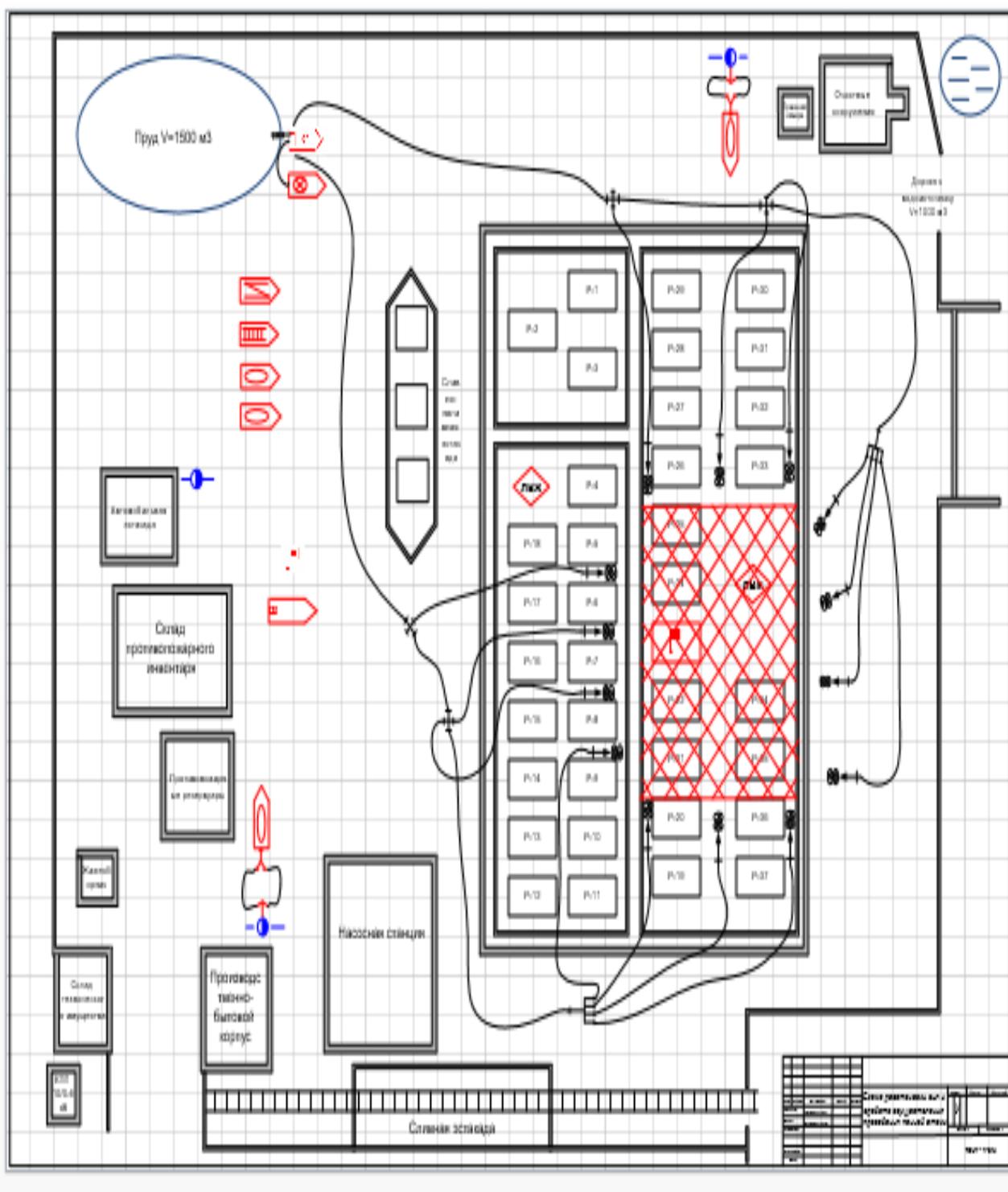


Рисунок Б.1 - Схема расстановки сил и средств осуществления проведения пенной атаки

Приложение В

Резервуар для аварийного слива топлива

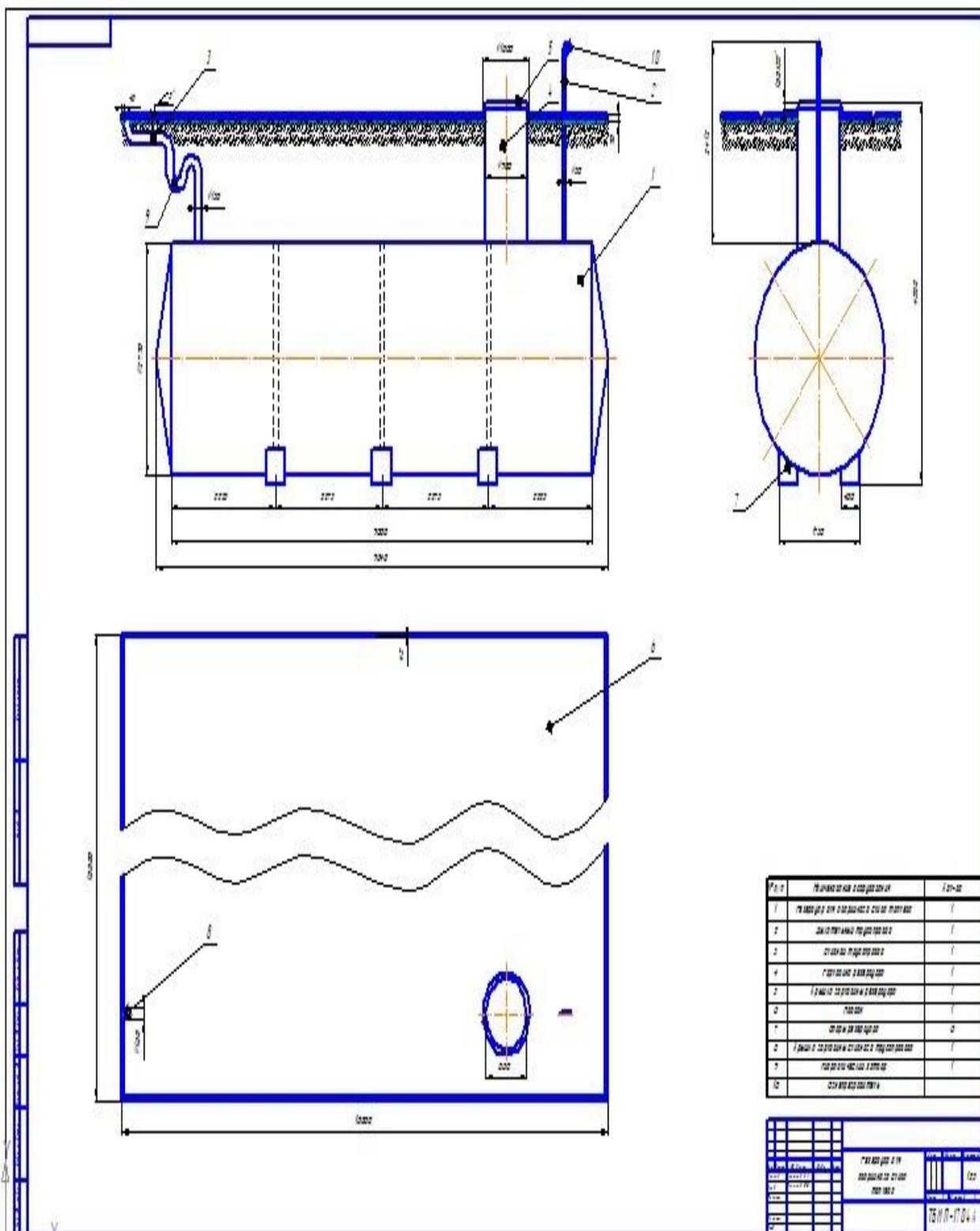


Рисунок В.1 - Резервуар для аварийного слива топлива

