

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Исследование и обеспечение пожарной безопасности. Применение средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре.

Студент

А.Е. Невзоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., И.И. Рашоян

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

Тольятти 2022

Содержание

Введение	3
Термины и определения	8
Перечень сокращений и обозначений	9
1 Анализ регулирования в области пожарной безопасности на объектах с наличием ГЖ, ЛВЖ	10
1.1 Особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах с наличием ЛВЖ, ГЖ	10
1.2 Методы реализации средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре	19
2 Реализация системы процессов, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре	38
2.1 Мероприятия, предотвращающие разлив горючих жидкостей	38
2.2 Способы реализации технических устройств	47
3 Опытная апробация реализации системы предотвращения растекания жидкостей	59
3.1 Описание результатов исследования по применению защитных сооружений и систем аварийного слива	59
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации	65
Заключение	71
Список используемых источников	76

Введение

Обеспечение пожарной безопасности на сегодняшний день – задача, стоящая перед собственниками и руководителями объектов развивающейся инфраструктуры, каждым человеком в отдельности, а также государством в целом. Это многоступенчатая цель, состоящая из ряда задач по профилактике, оснащению техническими средствами противопожарной защиты и организационными методами защиты зданий и сооружений в области пожарной безопасности [13].

Пожары на производственных объектах с наличием нефтехимии, происходящие в РФ, характеризуются небольшой частотой возникновения, но широтой масштабов события (критерии ЧС, наличием погибших, пострадавших, материальным ущербом, ущербом экологии). Это пожары, которые часто сопровождаются взрывами и разливами ЛВЖ, ГЖ. Такие ситуации широко освещаются в СМИ, носят резонансный характер, поэтому необходимо постоянно совершенствовать теоретическую базу методов борьбы с пожарами и пополнять практический опыт эффективных и унифицированных мероприятий [4].

Поскольку специфической особенностью рассматриваемого диссертационного исследования является предотвращение разлива и растекания ЛВЖ, ГЖ необходимо понимать, что пожары на объектах химической и нефтехимической промышленности происходят достаточно редко, но при возникновении приносят огромный ущерб, порой невосполнимый [43]. И особенно это проявляется в области негативного влияния на состояние окружающей среды.

В большинстве случаев на основании причинно-следственной связи возникновения пожаров и их последствий, можно сделать вывод о том, что четко сформированная система обеспечения пожарной безопасности снижает риск возникновения пожара на 65%. Соответственно, нехитрые подсчеты

позволяют сделать вывод о том, что затраты и ущерб на фоне обеспечения пожарной безопасности объекта будет всегда полностью оправдан.

Тема диссертации: Исследование и обеспечение пожарной безопасности. Применение средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре.

Актуальность и научная значимость настоящего исследования подтверждается следующими фактическими данными:

- пожар на объекте химической промышленности лучше предотвратить, чем бороться с его опасными факторами и принять его последствия;
- синхронизация выполнения задач в сфере пожарной и промышленной безопасности как стадия повышения уровня техносферной безопасности;
- растекание и разлив ЛВЖ, ГЖ является процессом вторичным, после разгерметизации или другой аварийной ситуации, например связанной с пожаром.

Объект исследования: система по предотвращению растекания ЛВЖ, ГЖ

Предмет исследования: методы применения средств по предотвращению растекания ЛВЖ, ГЖ как элемент обеспечения пожарной безопасности.

Цель исследования: совершенствование методов применения средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание пожароопасных жидкостей.

Гипотеза исследования состоит в том, что применение средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание пожароопасных жидкостей может быть эффективнее, если:

- определить степень необходимости применения устройств, предотвращающих разлив жидкостей;

- конкретизировать параметры опасности технологического оборудования;
- провести поиск изобретений, патентов, на предмет изучения устройств, предотвращающих разлив жидкостей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ состояния изученности и применимости на практике современных устройств, ограничивающих разлив;
- исследовать реализацию системы обеспечения ПБ по установке устройств, предотвращающих разлив жидкостей;
- подвести итоги о результатах применимости предлагаемых решений, предотвращающих разлив жидкостей.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: источники нормативно-правовой документации законодательства РФ, последние изменения, в части касающиеся огнепреградителей, информативные данные деятельности ОПО и подобных объектов, практика применения средств профилактики и противопожарной защиты, паспорта заводов-изготовителей на устройства, предотвращающие разлив жидкостей с целью фиксации параметров использования, тексты научных статей, конференций по теме исследования.

Базовыми для настоящего исследования явились также: актуальные на 27.05.2022 данные СП, ГОСТов, регламентирующие устройства, предотвращающие разлив жидкостей, характеристика технологического процесса рассматриваемого объекта, данные практического применения устройств, предотвращающих разлив жидкостей на объектах, схожих с рассматриваемым.

Методы исследования: информационный – теоретический, дидактические методы, сравнение, прогнозирование, дедукция.

Опытно-экспериментальная база исследования – ООО «Нефтяной мир»

г. Бузулук.

Научная новизна исследования заключается в:

- выборе инженерно-технических мероприятий и технических устройств по направлению разлива жидкостей;
- обобщении данных анализа устройств, предотвращающих разлив жидкостей на объектах.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- определении степени защиты объекта от пожаров и аварий;
- выявлении и конкретизации роли применения устройств, предотвращающих разлив жидкостей на объектах нефтехимии в сфере обеспечения ПБ объекта;
- совершенствовании применения устройств, предотвращающих разлив жидкостей в оборудовании на рассматриваемом объекте;
- определении ряда технических устройств, предотвращающих разлив жидкостей для решения обеспечения ПБ на территории ОПО.
- обобщении сведений о профилактике пожаров по узкоспециализированному направлению – устройств, предотвращающих разлив жидкостей на объектах.

Практическая значимость исследования состоит в рекомендации к применению инженерно-технических мероприятий и организационных действий по обеспечению ПБ и применению устройств, предотвращающих разлив жидкостей на объектах нефтехимии в оборудовании.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- фактическими данными актуальных информационных источников с прямым или потенциальным цитированием;
- практических данных о повреждении аппаратов;

- фундаментальными знаниями общих дисциплин и научных теорий, смежных научных знаний о пожарной безопасности технологических процессов [5];
- обобщением практического опыта и общепринятых методов обеспечения пожарной безопасности, описанных в том числе в работах авторов научных исследований, учебных пособий и рекомендаций.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в написании статьи по теме организации тушения пожаров, изучении характеристики рассматриваемого объекта, конкретизации способов тушения пожара в здании с массовым пребыванием людей, выявлении слабых сторон и методах решения обеспеченности сил и средств при пожаре.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования в ходе пожарно-тактических учений на объекте, выводы и предложенные методы представлены на рассмотрение должностным лицам нефтебазы ООО «Нефтяной мир».

На защиту выносятся:

- обобщенные данные состояния изученности и применимости на практике современных устройств, ограничивающих разлив;
- определенные способы системы реализации и обеспечения ПБ по установке устройств, предотвращающих разлив жидкостей;
- результаты расчета защитной стенки с отбойным козырьком, системы аварийного слива.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 11 рисунков, 4 таблицы, список использованной литературы (47 источников). Основной текст работы изложен на 82 страницах.

Термины и определения

«Авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый пожар и взрыв, и выброс опасных веществ» [8]

«Взрывоопасная смесь – смесь воздуха или окислителя с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими пылями или волокнами, которая при определенной концентрации и возникновении источника инициирования взрыва способна взорваться» [40].

«Ликвидация разлива нефти и нефтепродуктов – комплекс работ, проводимых при возникновении разлива нефти и нефтепродуктов и направленных на локализацию разлива нефти и нефтепродуктов, сбор разлившихся нефти и нефтепродуктов, прекращение действия характерных опасных факторов, исключение возможности вторичного загрязнения окружающей среды, а также на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь [24]».

«Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров» [20].

«Пожаровзрывоопасность веществ и материалов – способность веществ и материалов к образованию горючей (пожароопасной или взрывоопасной) среды, характеризующая их физико-химическими свойствами и (или) поведением в условиях пожара» [40].

Перечень сокращений и обозначений

АПС – автоматическая система пожарной сигнализации

АУПТ – автоматическая система пожаротушения

АСР – аварийно-спасательные работы

ГЖ – горючая жидкость

ДТ – дизельное топливо

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

ННП – нефть и нефтепродукты

ОПО – опасный производственный объект

ОТ – охрана труда

ПБ – пожарная безопасность

ПВ – противопожарный водоем

ПГ – пожарный гидрант

ПО – пожарная охрана

ППЗ – противопожарная защита

РСВ – резервуар вертикальный стальной

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

ТБ – техника безопасности

ЧС – чрезвычайная ситуация [19]

1 Анализ регулирования в области пожарной безопасности на объектах с наличием ГЖ, ЛВЖ

1.1 Особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах с наличием ЛВЖ, ГЖ

Для того, чтобы определить рамки и границы рассматриваемой темы, необходимо определить какие объекты необходимо исследовать.

Разлив и растекание жидкостей при пожаре возможно на следующих производственных объектах:

- нефтебазы и нефтехранилища [32];
- резервуарные парки нефтепродуктов;
- крупные заводы и комбинаты по переработке нефти;
- автомобильные заправочные станции;
- склады сжиженных углеводородных газов и ЛВЖ.

Продуктами нефтехимии являются:

- бутилены, пропилены;
- синтетический каучук;
- спирты и карбоновые кислоты;
- бензол, толуол, этилбензол;
- шины, технический углерод;
- ацетон и углеводороды;
- фенолы, нитробензолы.

Пожарная безопасность таких объектов обусловлена, прежде всего, свойствами обращающихся продуктов и веществ, так называемых ЛВЖ и ГЖ (агрессивные свойства среды, способствующих коррозии) [44].

Немаловажную роль играет территория, занимаемая объектами нефтехимии. Как правило, выбирается зона загородного типа, а также с учетом отметок рельефа местности ниже, чем селитебные территории.

«Сооружения складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей должны располагаться на земельных участках, имеющих более низкие уровни по сравнению с отметками территорий соседних населенных пунктов, организаций и путей железных дорог общей сети. Допускается размещение указанных складов на земельных участках, имеющих более высокие уровни по сравнению с отметками территорий соседних населенных пунктов, организаций и путей железных дорог общей сети, на расстоянии более 300 метров от них. На складах, расположенных на расстоянии от 100 до 300 метров, должны быть предусмотрены меры (в том числе второе обвалование, аварийные емкости, отводные каналы, траншеи), предотвращающие растекание жидкости на территории населенных пунктов, организаций и на пути железных дорог общей сети» [40].

Определим общие черты и разницу в понятиях ЛВЖ и ГЖ.

Определенно, что вещества обеих категорий являются сложными по химическому составу, и представляют серьезную опасность в области возникновения пожара.

Они отличаются разными значениями температуры вспышки, (ЛВЖ – до 37,8°C; ГЖ – от 37,8°C до 93,3°C). Следовательно, чем ниже температура вспышки у вещества, тем выше опасность его возгорания.

Таким образом, ЛВЖ способны воспламеняться при более низких температурах, чем ГЖ.

Определенными общими чертами является свойство быстрого воспламенения, что у ЛВЖ и ГЖ, а также горение происходит с высокой скоростью с образованием черного густого дыма. Также необходимо отметить, из физико-химических свойств рассматриваемых веществ, что горят не сами жидкости, а их пары. Здесь необходимо отметить, что тушить эти вещества водой нельзя из-за разницы значений температур вспышки, тем самым ситуация в области обеспечения ПБ и пожаротушения также усложняется [15].

Самыми распространёнными ЛВЖ считаются эфир, бензол, этанол, циклогексан, этанол. Самые распространённые ГЖ – это ДТ, керосин, моторное масло, растворители.

Большое количество процессов на объектах с наличием ЛВЖ, ГЖ относят к крайне опасным, с наивысшими категориями пожаровзрывоопасности: «А», «Б», «В», классы функциональной пожарной опасности (Ф 5.1, Ф 5.2), класс пожаров «В».

Технологические процессы на таких объектах:

- слив, налив, закачка сырья;
- эксплуатация объектов хранения;
- установки фракционирования газового сырья;
- получение бытовой газовой смеси [14];
- ректификация;
- каталитический крекинг, риформинг;
- гидрокрекинг и коксование.

В связи с высокой пожарной опасностью объектов с ЛВЖ, ГЖ, а также высокой степенью возникновения взрывов на таких объектах немаловажно отметить факт наличия опасных веществ на таких объектах в больших количествах. В связи с этим, можно смело утверждать, что объекты с наличием ЛВЖ и ГЖ – это одни из самых сложных и дорогостоящих в области обеспечения пожарной безопасности, а также и пожаротушения.

Основные особенности обеспечения норм, правил и требований в области ПБ для зданий нефтехимии:

- обеспечение общих требований ПБ;
- требования к проектированию здания (соблюдение расстояний для производственных объектов, ограничения по вместимости и максимальному объему зданий, сооружений и установок).

Основные причины пожаров на объектах нефтехимии:

- нарушение правил проектирования основных зданий и сооружений, технологического оборудования или оборудования ПБ (молниезащита, пеногенераторные установки, АУПТ);
- нарушение технологического регламента производственного процесса;
- нарушение конструкции или монтажа оборудования в процессе его эксплуатации (некачественный ремонт, монтаж, превышение срока эксплуатации, износ оборудования, трубопроводов, инженерных систем);
- грубые нарушения правил ПБ, ТБ, а также требований ОТ, в том числе при производстве огневых работ и наличии источника зажигания.

«Технологический регламент на производство продукции химических, нефтехимических и нефтегазоперерабатывающих производств является основным техническим документом, определяющим оптимальный технологический режим процесса, содержащий описание технологического процесса и технологической схемы производства, физико-химические и взрывопожароопасные свойства сырья, полупродуктов и готовой продукции, контроль и управление технологическим процессом, безопасные условия эксплуатации производства, перечень обязательных производственных инструкций и чертеж технологической схемы производства. Технологический регламент на производство продукции разрабатывается на основании проектной документации на ОПО» [25].

Сложность тушения таких объектов обусловлена:

- наличием большого количества производственного сырья и веществ (ЛВЖ, ГЖ), которые нельзя тушить водой;
- совмещение на одной производственной площадке разных зданий и сооружений по конструктивным и функциональным характеристикам, которые являются значительными источниками опасности (причем, явление аварии, пожара, взрыва, растекания

жидкости, как правило, сопровождаются чередой последовательных нежелательных событий);

- наличие паровоздушных, газовых утечек даже при нормальном технологическом процессе;
- высокая степень автоматизации, присущая современным предприятиям, в случае сбоя может привести в аварии, поскольку нередко наблюдаются ошибки персонала и операторов;
- сложность объединения средств противопожарной защиты из-за значительных требуемых расстояний согласно нормативным требованиям [40].

«Для каждой технологической системы должны предусматриваться меры по максимальному снижению взрывоопасности технологических блоков, входящих в нее, направленные на:

- предотвращение взрывов внутри технологического оборудования;
- защиту технологического оборудования от разрушения и максимальное ограничение выбросов из него горючих веществ в атмосферу при аварийной разгерметизации;
- предупреждение возможности взрывов и пожаров в объеме производственных зданий, сооружений и наружных установок [37];
- снижение тяжести последствий взрывов и пожаров в объеме производственных зданий, сооружений и наружных установок» [25].

Основные критерии объектов нефтехимии при выборе методов обеспечения ПБ:

- характер и направленность технологического процесса (хранение, переработка, свойства ЛВЖ, ГЖ);
- зона охватываемой территории производственной площадки и количество хранимого и обращающегося на производстве вещества;

- степень усталости конструкций и оборудования, особенно резервуаров, емкостей и средств противопожарной и аварийной защиты;
- уровень подготовленности персонала объекта к аварийным ситуациям;
- уровень проведения технического диагностирования конструкций и оборудования;
- проведение ежедневных организационных и технических мероприятий по выявлению аварийных ситуаций или поддержанию нормального технологического процесса;
- характер систем аварийной защиты объекта с учетом изменения погодных явлений (наличие громоотвода, средств молниезащиты, резервных емкостей для аварийного слива и перелива) [34];
- проектирование и установка систем противопожарной защиты объекта (АПС, СОУЭ, АУПТ, системы предотвращения растекания жидкости) [36].

«Исключение условий образования горючей среды должно обеспечиваться одним или несколькими из следующих способов:

- применение негорючих веществ и материалов;
- ограничение массы и (или) объема горючих веществ и материалов;
- использование наиболее безопасных способов размещения горючих веществ и материалов, а также материалов, взаимодействие которых друг с другом приводит к образованию горючей среды;
- изоляция горючей среды от источников зажигания (применение изолированных отсеков, камер, кабин);
- поддержание безопасной концентрации в среде окислителя и (или) горючих веществ;
- понижение концентрации окислителя в горючей среде в защищаемом объеме;

- поддержание температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается;
- механизация и автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ;
- установка пожароопасного оборудования в отдельных помещениях или на открытых площадках;
- применение устройств защиты производственного оборудования, исключающих выход горючих веществ в объем помещения, или устройств, исключающих образование в помещении горючей среды;
- удаление из помещений, технологического оборудования и коммуникаций пожароопасных отходов производства, отложений пыли, пуха» [40].

Регулирование системы ПБ на объекте нефтехимии также необходимо рассматривать с учетом оценки пожарного риска.

Оценка пожарного риска на производственном объекте нефтехимии начинается, прежде всего, с анализа пожарной опасности, далее определяют частоту реализации пожароопасных ситуаций. Следующий этап, это построение полей опасных факторы пожара для различных вариантов условного развития пожара (как правило, рассматривают наихудшие варианты развития). И, заключительный этап, это непосредственно расчет пожарного риска [34].

Первый этап, анализ пожарной опасности – фактически это определение условий для образования горючей среды.

«Анализ пожарной опасности производственных объектов должен предусматривать:

- анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов на производственном объекте;
- определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса;

- определение перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную, для каждого технологического процесса;
- построение сценариев возникновения и развития пожаров, повлекших за собой гибель людей» [40].

Этап анализа пожарной опасности характеризуется тем, что здесь сопоставляются показатели пожарной опасности веществ нефтехимического объекта и параметры рассматриваемого технологического процесса.

«Определение пожароопасных ситуаций на производственном объекте должно осуществляться на основе анализа пожарной опасности каждого из технологических процессов и предусматривать выбор ситуаций, при реализации которых возникает опасность для людей, находящихся в зоне поражения опасными факторами пожара и вторичными последствиями воздействия опасных факторов пожара. К пожароопасным ситуациям не относятся ситуации, в результате которых не возникает опасность для жизни и здоровья людей. Эти ситуации не учитываются при расчете пожарного риска. Для каждой пожароопасной ситуации на производственном объекте должно быть приведено описание причин возникновения и развития пожароопасных ситуаций, места их возникновения и факторов пожара, представляющих опасность для жизни и здоровья людей в местах их пребывания» [40].

Далее определяются причины возникновения пожара на объекте таким образом, что определяется ряд ситуаций, которые могут привести к пожароопасной ситуации. Анализ пожарной опасности – это определение системы мероприятий, которые необходимо разработать для допустимой безопасной работы действующего технологического процесса.

«Для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций на производственном объекте используется информация:

- об отказе оборудования, используемого на производственном объекте;

- о параметрах надежности используемого на производственном объекте оборудования;
- об ошибочных действиях персонала производственного объекта;
- о гидрометеорологической обстановке в районе размещения производственного объекта;
- о географических особенностях местности в районе размещения производственного объекта» [40].

Оценивают опасные факторы пожароопасности производства путем сопоставления показателей, а также методом моделирования различных вариантов пожара. Определяется также и динамика развития пожара, количество и концентрация опасных горючих веществ, предельно-допустимых концентраций для жизни и здоровья человека [16].

Оценка воздействия опасных факторов пожара на организм в зависимости от характера пожароопасной ситуации включает расчет количества людей в опасной зоне (зона очага пожара, задымленная зона).

Обеспечение пожарной безопасности на объектах нефтехимии – сложный многозадачный комплекс, требующий постоянного изучения и совершенствования. Это объясняется тем, что свойства нефти не позволяют ее тушить водой, а во-вторых, объекты такой категории, в большинстве своем, содержат большое количество зданий и сооружений с наличием взрывопожароопасного технологического процесса [12]. Это и хранение нефтепродуктов, и слив-налив, и переработка, и производство.

Кроме того, также необходимо отметить, что стратегическим направлением обеспечения безопасности страны является сохранение и процветание нефтеперерабатывающих объектов. Нефть и нефтепродукты, это прежде всего, сырье для различных сфер экономической и хозяйственной деятельности. Например, фармацевтика и медицина, машиностроение, авиастроение, химическая промышленность и косметология и много других сфер. Из нефтепродуктов производят игрушки, товары народного потребления, косметические средства, одежды.

Таким образом, далее необходимо рассмотреть такие профилактические мероприятия противопожарной защиты объекта нефтехимии, как системы и средства предотвращения разлива ЛВЖ, ГЖ, особенности проектирования таких систем, а также определение выбора.

1.2 Методы реализации средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре

К методам средств, предотвращающих растекание жидкости относят:

- устройство обвалования, стен, бортов, пандусов;
- устройство средств аварийного слива, поддоны;
- отводные каналы и траншеи;
- устройство противопожарных отсеков и секций, оборудованных сливными отверстиями, исключающими перелив жидкости;
- технические устройства для аварийного слива;
- установка в технологическом оборудовании быстродействующих отключающих устройств [36];
- устройства самотушения проливов;
- планирование производственной площадке в зоне размещения, с учетом отметок рельефа местности [45];
- устройство пологих повышенных участков или дренажных лотков [41].

Система обеспечения противопожарных мероприятий достигается следующими методами и мерами:

- проектированием зданий и сооружений объекта нефтехимии согласно нормируемым параметрам архитектурно-планировочных требований;
- подбором квалифицированного персонала, инженеров промышленной и пожарной безопасности с наличием высшего

профильного образования и опыта в промышленной деятельности [22];

- своевременной заменой оборудования и аппаратов технологического процесса хранения и переработки нефтепродуктов;
- устройством широких подъездных путей, наличием первичных средств пожаротушения с беспрепятственным доступом к ним;
- наличием источников противопожарного водоснабжения – внутренних и наружных;
- обучение персонала и работников объекта мерам пожарной безопасности, действиям в условиях экстремальной ситуации;
- внедрением комплекса профилактических мероприятий;
- недопущением изменений конструктивных решений без обоснованного проекта и законодательной основы;
- обеспечением заземления и устройств молниезащиты и предупреждения статического электричества;
- проведением совместных тренировок и учений со службами жизнеобеспечения для отработки практических действий;
- наличием резервных резервуаров и емкостей для перелива ЛВЖ, ГЖ;
- наличием газоанализаторов, паров ЛВЖ для стабилизации и безаварийной работы технологического процесса;
- наличием противопожарных разрывов, обеспечивающих недопущение перехода пламени от одного объекта к другому в случае пожара;
- наличием обвалования и других элементов конструктивного исполнения во избежание разлива ЛВЖ, аварийных ситуаций [46];
- наличием АПС, АУПТ, СОУЭ.

Необходимость и степень значимости средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре направлены на:

- сохранение жизни и здоровья людей (работников, персонала объекта), а также населения в целом, поскольку масштабы аварий на объектах нефтехимии являются самыми разрушительными [46];
- сохранение окружающей среды (поскольку при пожарах и аварийных ситуациях наблюдается выброс нефтепродуктов в почву, водную акваторию и атмосферу);
- поддержание сырьевой базы для других отраслей промышленности, а также сохранение материальных ресурсов эксплуатируемых объектов;
- поддержание энергоэффективности и оптимального расхода ресурсов в общем понятии стратегического направления страны.

1.2.1 Обвалование резервуаров

Рассмотрим обвалование как метод, предотвращающий растекание жидкости, на стадии проектирования объектов нефтехимии (зачастую резервуарных парков). Необходимо отметить, что согласно требуемым параметрам обеспечения ПБ, это обязательное мероприятие.

«По периметру отдельно стоящего резервуара или каждой группы наземных резервуаров необходимо предусматривать замкнутое ограждение, рассчитанные на гидростатическое давление разлившейся жидкости. В качестве ограждения могут использоваться обвалование, ограждающая стена или ограждающая стена с волноотражающим козырьком» [7].

Требования к устройству обвалования:

- гидростатическое давление жидкости;
- свободный объем обвалования, который может вместить хранимое количество вещества;
- ширина обвалования (не менее 0,5 м по периметру).

Различают бетонное, асфальтирование, глиняные экраны, земляной вал, сооружения из негорючих материалов (кирпич, бут, камень), железобетонные плиты.

Основными параметрами обвалования являются:

- длина, ширина;
- высота;
- объем.

Кстати, необходимо отметить, что при разливе нефти в Норильске (произошедшая 29.05.2020 года) обвалование емкости отсутствовало, что усугубило масштаб экологической катастрофы [31].

Современные устройства обвалования характеризуются:

- эффективностью применения по защите от разлива [47];
- функцией аккумуляирования как емкости для сбора ливневых стоков;
- функцией регулирующего резервного резервуара в составе очистных сооружений;
- можно использовать как противопожарный проезд

Следовательно, как основное мероприятие противопожарной защиты, обвалование необходимо уже на стадии проектирования с учетом требований расчетов по его техническому и конструктивному исполнению. Также необходимо отметить, что эксплуатация и все виды планово-предупредительных ремонтов также должны своевременно осуществляться на территории не только основного оборудования, но и в зоне обвалования резервуаров и резервуарного парка.

Но, практический опыт произошедших аварий показывает, что обвалование резервуаров рассчитывается только на гидростатическую нагрузку, тем самым при авариях с полным разрушением резервуара обвалование не сдержит поток жидкости. Здесь необходимо проектирование дополнительных инженерных сооружений, которые смогли бы повысить коэффициент надежности комплексной системы обеспечения системы противопожарной защиты объекта нефтехимии и разлива жидкости [41].

1.2.2 Защитная стена с отбойным козырьком

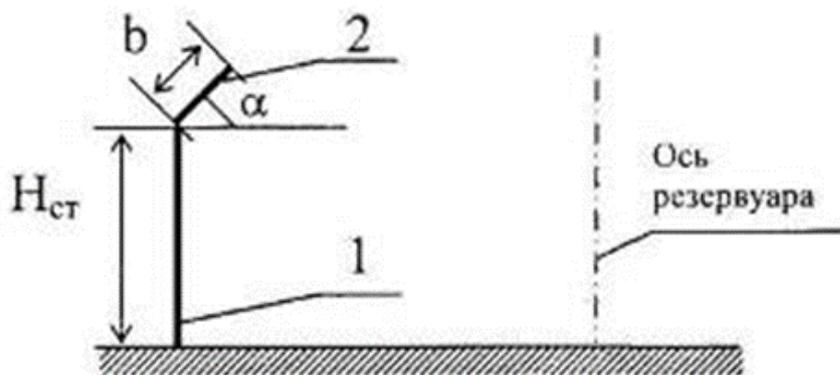
Это одно из эффективных мероприятий (дополнительного характера к устройству обвалования, но не обязательное согласно нормам), при которых можно минимизировать последствия разлива жидкости и уменьшить риск для здоровья и жизни персонала объекта, которые могут находиться в непосредственной близости или радиусе действия аварии, разлива. Защитная стена с отбойным козырьком способна сдержать волну разлившейся жидкости, а также удержать ее объем на локализованной территории.

Основными параметрами проектирования защитной стены являются:

- высота;
- показатель динамических нагрузок.

Защитная стена должна проектироваться из негорючих материалов, по периметру обвалования или зоны резервуара.

На рисунке 1 приведена схема защитной стены.



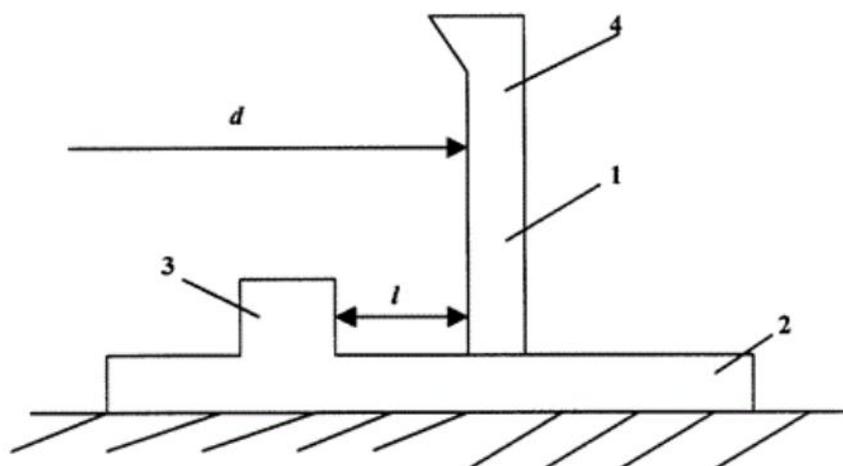
1 - защитная стена; 2 - волноотражающий козырек

Рисунок 1 – Схема защитной стенки

Более унифицированным инженерным сооружением схожим по функциональному значению с защитной стенкой является вертикальная стенка с дополнительным козырьком – волноломным зубом.

Вертикальная стенка с дополнительным козырьком – волноломным зубом также представляет собой сооружение резервуаров, предназначенных для хранения жидких опасных веществ, направленных на предотвращение разлива жидкости. Совершенствование и отличие от предыдущего средства заключается в конструкции волноломного зуба.

На рисунке 2 представлена схема вертикальной стенки с дополнительным козырьком.



1 - защитная стена, 2 - основание преграды, 3 - площадка отражения потока, 4 - волноотражающий козырек

Рисунок 2 – Общая схема оградительного сооружения

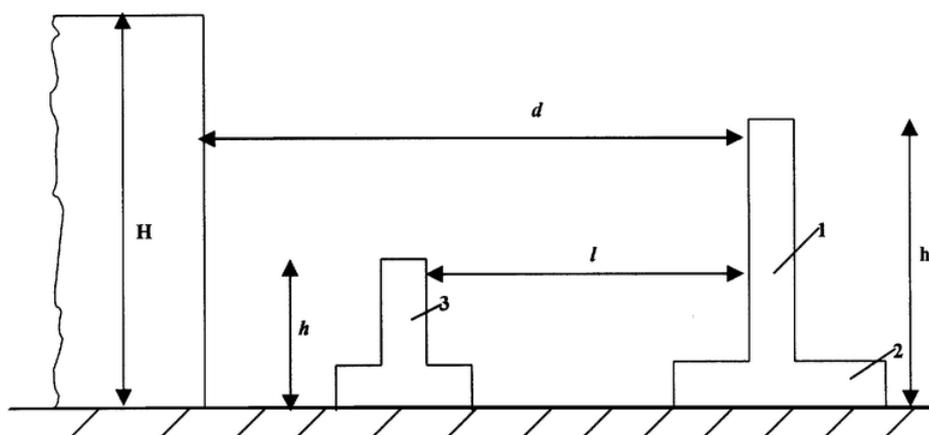
Применимость данного технического устройства полностью охватывает раскрытие тематики настоящего исследования, поскольку основная функция его проектирования – локализация площади разлива жидкостей при аварийной разгерметизации резервуаров.

«Техническим результатом изобретения является снижение габаритов оградительного сооружения с осуществлением надежной защиты от перетекания жидкости за пределы ограждаемой территории, а также снижение затрат при возведении сооружения. Конструкции оградительного сооружения

резервуаров содержит вертикальную стену и защитный волноломный зуб, установленный с внутренней стороны стены, обращенный к резервуару» [28].

Оградительное сооружение эффективно и отличается от предыдущего, тем что защитный волноломный зуб установлен от стены на расстоянии, определяемом неравенством $d/4 \leq l \leq d/2$, где d – расстояние между стеной и периметром зоны размещения резервуара. При этом высота зуба соответствует пределу соотношений $H/10 \leq h \leq H/4$, где H – высота резервуара. Зуб также может быть выполнен в виде ромбовидного рассекателя с углом ромба $5^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$.

На рисунке 3 приведена схема предлагаемого защитного сооружения.



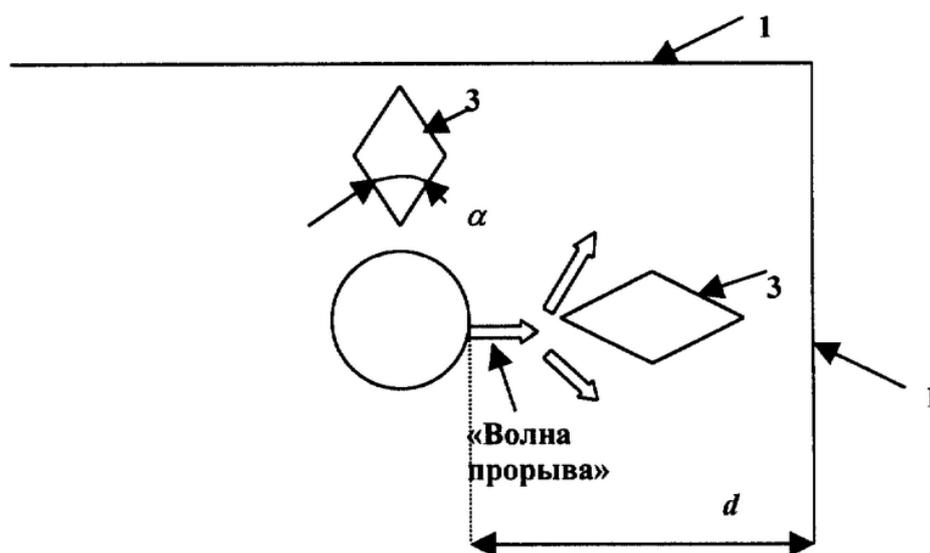
1 – защитная стена; 2 – основание; 3 - защитный волноломный зуб

Рисунок 3 – Схема предлагаемого защитного сооружения

Защитное сооружение с ромбовидными рассекателями представляет собой вертикальную стену, установленную на опорном основании. На том же опорном основании или на отдельном фундаменте, на расстоянии от стены размещен волноломный зуб. Расстояние между зубом и стеной определяется следующим соотношением $d/4 \leq l \leq d/2$, где d расстояние между стеной и резервуаром. Высота h зуба соответствует пределу соотношений $H/10 \leq h \leq H/4$, где H высота резервуара.

Вертикальная стенка с дополнительным козырьком – волноломным зубом также представляет собой сооружение резервуаров, предназначенных для хранения жидких опасных веществ, направленных на предотвращение разлива жидкости. Совершенствование и отличие от предыдущего средства заключается в конструкции волноломного зуба.

На рисунке 4 приведена схема предлагаемого защитного сооружения с ромбовидными рассекателями.



1 – защитная стена; 3 – рассекатели

Рисунок 4 – Схема предлагаемого защитного сооружения с ромбовидными рассекателями

Наличие в защитном сооружении волноломного зуба с указанной высотой и установленного описанным выше образом позволяет разрушить гидродинамическую волну жидкости вдали от ограждающей вертикальной стены, что существенно снижает возможность перетекания «волны прорыва» за пределы ограждаемой территории.

Расстояние l размещения волноломного зуба и его высота h выбраны с учетом расчетных и экспериментальных данных. При $l < d/4$ волна прорыва еще не успевает сформироваться и поэтому воздействие зуба не влияет на

дальнейшее течение жидкости. При $l > d/2$ гидродинамическая волна уже «не замечает» волноломного устройства.

«Также и при выборе высоты зуба: если h не превышает $H/10$, то волноломный эффект отсутствует, а выполнение условия $h \leq H/4$ уже достаточно для разбивания волны. Выполнение волноломного зуба с перфорацией, в виде сетчатой конструкции, полупрозрачной для жидкости, приводит к дополнительному волногасящему эффекту и резко снижает ударное воздействие волны прорыва на оградительную стену» [28].

Снижение эффекта разлива жидкостей достигается посредством отклонения движения прямой волны к ограждающей стенке.

«Это достигнуто с помощью выполнения волноломного зуба в виде ромбовидной конструкции, своеобразного «плуга». Угол вершины ромба, обращенной к резервуару, как показывают расчеты, может изменяться в широких пределах от 5° до 80° . При углах $>80^\circ$ конструкция подвергается излишне сильному гидравлическому удару, а при углах $<5^\circ$ отклонение вектора «волны прорыва» недостаточно, чтобы уменьшить воздействие на внешнюю оградительную стену» [28].

Преимущества защитной стены с отбойным козырьком:

- значительное снижение высоты основной стенки;
- эффективность использования с учетом устройства обвалования РВС;
- простота расчетов для устройства инженерного способа;
- относительно недорогая стоимость устройства.

Отличительные особенности, показывающие эффективность при внедрении стены с защитным козырьком:

- выполнение задачи по защите от разлива жидкости;
- снижение габаритов оградительного сооружения;
- осуществление надежной защиты от перетекания жидкости;

– уменьшение аварийного истечения даже при полном разрушении емкости с нефтепродуктом.

1.2.3 Сборное гибкое заградительное сооружение

Далее будет рассмотрено гибкое заградительное сооружение, которое также способно выполнить функцию защиты и удержания истекающей жидкости. Это заградительное сооружение используют как самостоятельное инженерное сооружение при проектировании и строительстве объектов с наличием ЛВЖ, ГЖ, но также и как составную часть инженерного ограждения (при строительстве крупных нефтяных хранилищ, баз, полигонов с опасными отходами).

На рисунке 5 приведена схема конструкции модуля заграждения.

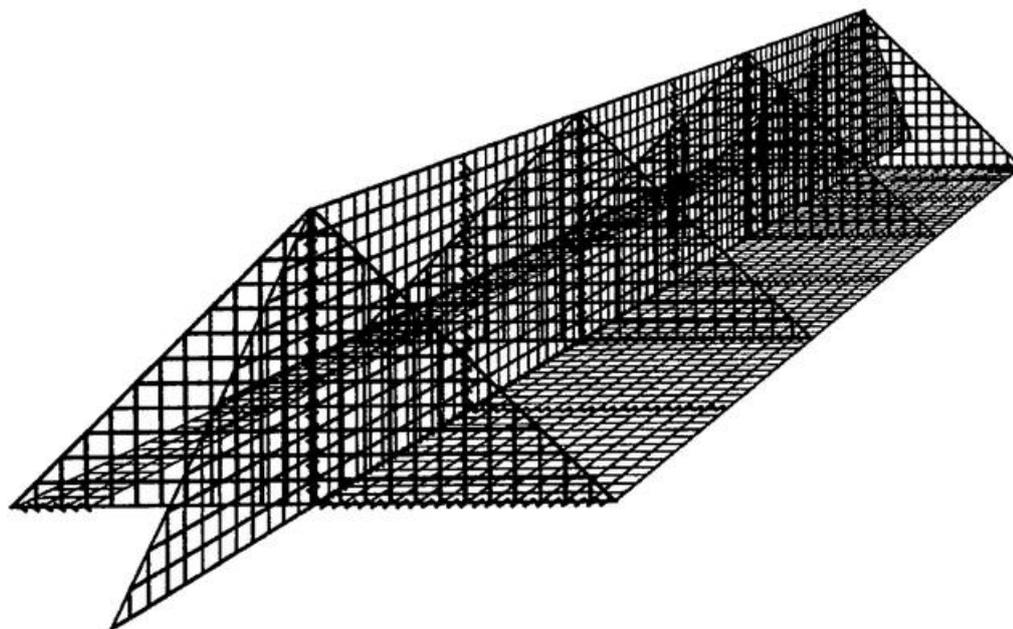


Рисунок 5 – Схема конструкции модуля заграждения

«Представленное на рисунке 5 сборное гибкое заградительное сооружение состоит из складных многосекционных габионовых модулей необходимой длины, жестко соединенных между собой при помощи замков, монтируемых в любую конфигурацию, герметичность которой обеспечивают мягкие фартуки на концевых секциях модулей, сверху габионовые модули

обшиты тканевым или полимерным покрытием, в качестве наполнителя между соседними габионовыми модулями использован природный сорбент – глауконит или его смесь с другим подходящим природным сорбентом, сооружение установлено на предварительно насыпной слой наполнителя и по внешнему периметру выложено сорбирующими матами» [29].

Отличительным достоинством средства, предотвращающего разлив жидкости, является входящее в состав его устройства диагностическое оборудование.

Как природный сорбент используют перлитные смеси, глину, бентонит, перлит, шунгит.

Целью такой конструкции и конфигурации модуля является снижение трудозатрат и времени на установку заградительного сооружения, уменьшение материалоемкости, а также исключение фильтрации через заграждение нефти, нефтепродуктов, других ЛВЖ, ГЖ, представляющих производственную опасность.

«Задачей изобретения является создание сборного гибкого заградительного сооружения для обеспечения экологической безопасности населения и территорий от последствий чрезвычайных ситуаций, возможность оперативной установки в случае ЧС заградительного сооружения требуемой конфигурации, которое позволяет физически удерживать, адсорбировать, и тем самым, предотвращать распространение любых опасных продуктов и токсичных веществ (нефть, нефтепродукты, серу, стоки с полигонов хранения, хлор, азот, фосфорсодержащие соединения)» [29].

Модуль заграждения можно проектировать на нефтебазах, хранилищах нефтепродуктов, складах ГСМ, а также при обустройстве емкостей и резервуаров, где могут храниться ЛВЖ, ГЖ на объектах нефтегазовой и химической промышленности [38].

В конструкции технического устройства заграждения предусмотрены складные модули расчетной длины, покрытые тканевым или полимерным покрытием, которые соединены между собой замком. В конструкцию секции

модулей заложены природные сорбенты (глина, перлит, вермикулит). Модульное устройство проектируют на насыпной площадке по всему периметру необходимого ограждения (по типу обвалования согласно нормам) [7].

«Сборное гибкое заградительное сооружение дополнительно снабжено навесным диагностическими и измерительным оборудованием, средствами мониторинга окружающей природной среды. В качестве подходящего природного сорбента использован шунгит, бентонит, глина, цеолит, перлит, вермикулит или их смесь. В зависимости от характера загрязнений при ЧС габионовые модули обшиты тканевым – фильтрующим или полимерным – удерживающим покрытием, выбор смеси глауконита и подходящего природного сорбента определяется в зависимости от содержания органических примесей, ядовитых и токсичных веществ, радиоактивных отходов в природных и технологических водах, в нефтепродуктах» [29].

На рисунке 6 представлена схема конструкции модуля заграждения с сорбирующим матом и покрытием.

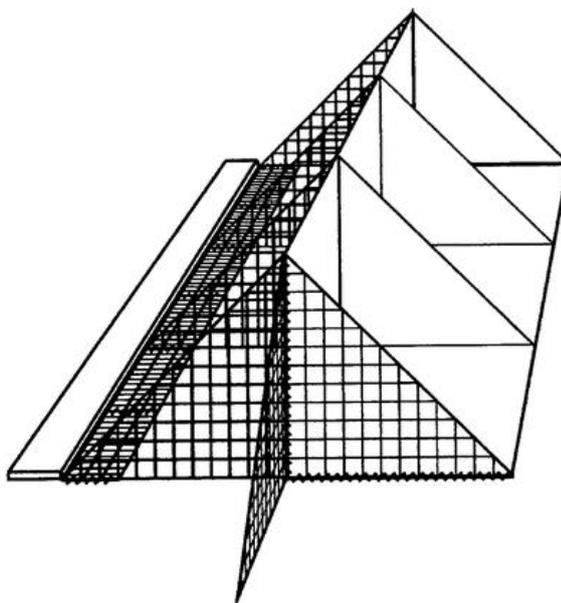


Рисунок 6 – Схема конструкции модуля заграждения с сорбирующим матом и покрытием

Достоинства устройства модуля:

- удобное хранение за счет складной конструкции;
- легкая транспортировка для оперативного развертывания в случае необходимости;
- предотвращение механической суффозии под креплением.

«Устойчивость предлагаемого сооружения обеспечивается габионовой сеткой, выполняющей роль силового элемента и применением поперечных элементов треугольного сечения, которые обеспечивают поперечную жесткость и позволяют выдерживать фронтальный напор, а также шарнирным соединением всех элементов конструкции, что обеспечивает максимально возможную площадь прилегания к поверхности (сцепления)» [29].

Кроме того, устройство диагностического оборудования в составе ограждения позволяет определять автоматически показатели контроля допустимых выбросов. Эта достоверная информация об объеме и качестве загрязнений является исходными данными для мониторинга по охране окружающей среды, а также для дальнейшей разработки базы данных по способам ликвидации загрязнений, аварий и их последствий, и негативных факторов.

«Основой автоматизированных средств мониторинга является «Специальное инжиниринговое обеспечение экологических операций «ЭКОпериметр» – организационно-техническая система, обеспечивающая выработку решений на основе автоматизации информационных процессов в области экстренного, гуманитарного реагирования и выполнения экологических операций с использованием адаптивных модульных решений и обеспечивает решение следующих задач:

- управление аварийно-спасательными и экологическими операциями;
- информационно-управленческое обеспечение действий по обнаружению и обезвреживанию опасных материалов (отходов);

- создание наиболее благоприятных и безопасных условий для развертывания специальных технических средств» [29].

Отличительные особенности и достоинства применения:

- защита от разлива и удержание растекающейся жидкости;
- устройство инженерного сооружения возможно без тяжелой строительной техники, таким образом можно осуществлять ремонтные работы уже на действующем предприятии;
- устройство диагностического оборудования, входящего в состав гибкого заградительного сооружения;
- не требуется проведение земляных работ по установке свай, анкеров или фундаментов;
- возможность относительно с другими устройствами быстрого возведения в условиях доставки и монтажа конструкций;
- использование модулей как защитного сооружения в сейсмически опасных районах, территориях в условиях низких температур, горной местности.

1.2.4 Устройство средств аварийного слива

Устройства аварийного слива предусмотрены требованиями ПБ и стандартами в области эксплуатации объектов нефтехимии. Так, определено, что согласно правилам химической и нефтехимической безопасности во многих отраслях промышленности необходимо предусматривать систему устройств по аварийному сливу. Располагая при этом емкости с наличием ЛВЖ, ГЖ на более высоких отметках рельефа местности, постаментах, площадках таким образом с учетом слива самотеком.

Предотвращение развития пожара, а также разлива жидкости способствует проектирование аварийного слива ЛВЖ, ГЖ из технологических емкостей, резервуаров и трубопроводов, где произошла аварийная ситуация. Средствами аварийного слива являются технологические коммуникации или емкости.

Критериями при обосновании систем аварийного слива являются:

- технологические емкости при хранении ЛВЖ, ГЖ с большим объемом;
- расположение на высоте технологических емкостей;
- свойства производственной жидкости, попадающие под критерий ЛВЖ, ГЖ (пункт 1.1);
- особенности конструкции резервуара, емкости, опор, элементов при учетывании последствий опорожнения, а также сохранения уровня заполнения жидкости.

При возникновении аварийной ситуации необходимо быстрое принятие решения по переливу жидкости, которая при перегреве может спровоцировать цепочку термических процессов (термическое разложение продуктов, пожар, взрыв).

«Экстренная принудительная эвакуация жидкости необходима из змеевиков реакционных аппаратов, теплообменников и трубчатых нагревателей при прекращении движения жидкости, так как перегрев застойного продукта ведет к его термическому разложению и закоксованию труб. Известно, что масса жидкости в аппарате способна поглотить значительное количество тепла пожара и тем самым предотвратить перегрев, деформацию, разрушение аппарата» [35].

Например, при пожаре в РВС с нефтепродуктом, опасность частичного или полного повреждения емкости зависит также от уровня заполняемой жидкости. Таким образом, очевидно, что в определенных ситуациях устройство аварийного слива нецелесообразно предусматривать.

«Аварийный слив жидкостей из емкостной аппаратуры, расположенной внутри производственного здания, должен производиться в специальные аварийные или дренажные емкости подземного или полуподземного типа, располагаемые вне пределов здания. Расстояние от производственных зданий до аварийных или дренажных емкостей принимается таким же, как и для расположенного вне здания технологического оборудования. Расстояние от

аппаратуры наружных установок (или технологических этажерок) до аварийных или дренажных емкостей, как правило, не нормируется, но они должны размещаться вне габаритов установки (или этажерки). Не следует располагать аварийные или дренажные емкости между зданиями и наружными установками (этажерками), связанными с этими зданиями» [1].

Системы аварийного слива осуществляют как путем выдавливания (если время аварийного режима не превышает 12-15 минут) жидкостей газовой или другой инертной средой, например, паром, азотом, углеродом, так и самотеком (самые распространенные). Как правило, аварийный резервуар соединяют с несколькими аппаратами, с учетом двойного запаса объема большего из емкостей резервуаров.

«На складах нефтепродуктов второй группы емкость аварийного резервуара принимают не менее 30% суммарного объема всех, расходных резервуаров и не менее емкости наибольшего из них» [1].

Аварийные резервуары должны быть закрытыми с наличием дыхательной арматуры [8], которую выводят в безопасную зону. Также предусматривают средства огнепреграждения [27].

Из-за возможного наличия или скопления водяного конденсата в аварийном резервуаре, слив жидкости может привести к резкому повышению давления. Поэтому предусматривают удаление скапливающейся жидкости путем выполнения днища аварийного резервуара под уклоном.

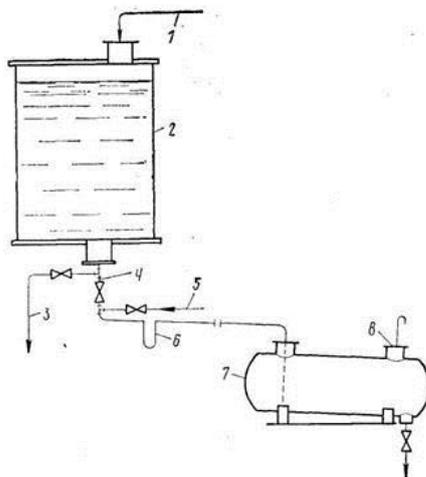
«Аварийному сливу высоконагретых жидкостей должна предшествовать продувка водяным паром (или инертным газом) внутреннего объема аварийного резервуара и сливной линии. Продувка нужна для предупреждения возможности взрыва горючей смеси, образующейся при соприкосновении с воздухом высоконагретого продукта, сливаемого в аварийную емкость закрытого типа» [1].

Трубопроводы систем аварийного слива прокладываются с односторонним уклоном (в направлении аварийной или дренажной емкости) и по возможности прямолинейно (с минимальным количеством поворотов).

Установка задвижек по всей длине аварийного» трубопровода не допускается (за исключением задвижек аппаратов). Линию аварийного слива от распространения пламени защищают гидравлическими затворами [10].

«Аварийные задвижки располагают, как правило, вне здания, вблизи выходов. При наличии дистанционного привода аварийную задвижку устанавливают вблизи от аппарата (или установки), подлежащего опорожнению; кнопку пускателя — вблизи от выходов, вне здания. Наиболее удачно такое решение аварийного слива, при котором включение аварийных задвижек автоматизировано и заблокировано с устройствами для аварийной остановки аппаратов или установок. Датчики автоматических систем открывания задвижек устанавливают в зоне возможного горения» [1].

На рисунке 7 показана принципиальная схема аварийного слива из вертикального аппарата постоянного сечения.



1 — наполнительная линия; 2 — аппарат;
3 — расходная линия; 4 — линия ава-рийного слива; 5 — линия подачи инертной среды для продувки; 6 — гидравлический затвор; 7 — аварийная емкость; 8 — дыхательная линия

Рисунок 7 – Схема аварийного слива жидкости

После прекращения подачи жидкости в резервуар осуществляют продувку аварийной системы инертной средой. Затем задвижки на линиях 3 и

5 закрывают и, открывая задвижку на линии 4, обеспечивают слив продукта в аварийную емкость. Возможно использование инертной среды для увеличения скорости слива. Использование инертной среды позволяет параллельно решить и другую задачу пожарной безопасности — устранить вероятность взрыва внутри аппарата.

«В производственных помещениях, когда объем емкостной аппаратуры (мерников, распределительных сосудов, напорных и топливных бачков, закалочных ванн и т. п.) невелик, не устанавливают специальные аварийные резервуары, а для аварийного слива используют производственные емкости, расположенные снаружи здания (или в соседних помещениях за глухой стеной). Жидкости сливают при этом только самотеком. В цеховой документации должны быть всегда инструкции по приведению аварийной системы слива в действие. Задача проектного (или поверочного) расчета установок аварийного слива сводится к определению фактической продолжительности процесса эвакуации жидкости из опасной зоны, сравнению ее с допустимой (нормативной) продолжительностью аварийного режима» [1].

Выводы раздела 1

Анализ регулирования в области пожарной безопасности на объектах с наличием ГЖ, ЛВЖ показал сведения о проведенном анализе особенностей обеспечения пожарной безопасности на объектах с наличием ЛВЖ, ГЖ.

Выявлены основные критерии объектов нефтехимии при выборе методов обеспечения ПБ.

Кроме того, определены особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах с наличием ЛВЖ, ГЖ. Конкретизированы методы реализации средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре.

К методам средств, предотвращающих растекание жидкости относят:

- устройство обвалования, стен, бортов, пандусов;
- устройство средств аварийного слива, поддоны;

- устройство противопожарных отсеков и секций, оборудованных сливными отверстиями, исключаящими перелив жидкости;
- установка в технологическом оборудовании быстродействующих отключающих устройств;
- планирование производственной площадке в зоне размещения, с учетом отметок рельефа местности;
- устройство пологих повышенных участков или дренажных лотков.

Описан метод обвалования резервуаров, устройство защитной стены с отбойным козырьком и сборного гибкого заградительного сооружения, а также устройство средств аварийного слива.

Обвалование резервуаров рассчитывается только на гидростатическую нагрузку, тем самым при авариях с полным разрушением резервуара обвалование не сдержит поток жидкости. Здесь необходимо проектирование дополнительных инженерных сооружений, которые смогли бы повысить коэффициент надежности комплексной системы обеспечения системы противопожарной защиты объекта нефтехимии и разлива жидкости.

Определены отличительные особенности, показывающие эффективность при внедрении стены с защитным козырьком, а также достоинства применения сборного гибкого заградительного сооружения.

Устройства аварийного слива должны быть предусмотрены с учетом требований ПБ и стандартов в области эксплуатации объектов нефтехимии. Так, определено, что согласно правилам химической и нефтехимической безопасности во многих отраслях промышленности необходимо предусматривать систему устройств по аварийному слива. Располагая при этом емкости с наличием ЛВЖ, ГЖ на более высоких отметках рельефа местности, постаментов, площадках таким образом с учетом слива самотеком.

2 Реализация системы процессов, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре

2.1 Мероприятия, предотвращающие разлив горючих жидкостей

На основании требований законодательства РФ, учитывая также нормы и правила международных нормативно-правовых актов, установлены определённые меры безопасности, обеспечивающие ограничение ЛВЖ, ГЖ, нефтепродуктов и подобных веществ за пределы технологически емкостей в жидком состоянии. Необходимо обеспечение ряда мероприятий, направленных на предотвращение, предупреждение и ликвидацию разливов нефтепродуктов, ЛВЖ, ГЖ. Тема широко обсуждается, жестко регламентирована вследствие серьезности масштабов аварийных ситуаций, которые могут возникнуть при разливе жидкости. Достаточно только обратиться к произошедшим событиям – ЧС рассматриваемого характера. Вспомним резонансный случай, произошедший 29 мая 2020 года в Норильске на объекте нефтехимии (при хранении ГСМ, нефтепродуктов) по разгерметизации емкости с ДТ с последующей утечкой топлива свыше 20 тыс. т. Этот случай зарегистрирован в истории как экологическая катастрофа, поскольку ущерб экологии окружающей среды, размер финансовых потерь попадает под соответствующие критерии [20].

«Причиной называют то, что произошло оседание основания резервуара, построенного в советское время, приведшее к разрыву корпуса. Согласно результатам расследования госорганами, часть свай, на которых стоял резервуар, были короче проектной длины и, как следствие, не были заглублены в скальную породу, но опирались на вечную мерзлоту. Таяние мерзлоты привело к подвижности свай и оседанию конструкции. По оценке бывшего заместителя руководителя Росприроднадзора Олега Митволя, ущерб от разлива дизельного топлива в Норильске может достичь 100 млрд рублей, а на работы по восстановлению природной среды потребуется в лучшем случае

от 5 до 10 лет. По оценке Greenpeace, разлив топлива в Норильске по масштабу ущерба для окружающей среды является самой крупной катастрофой в заполярной Арктике» [29].

Масштаб потерь заставляет задуматься о глобальных проблемах человечества, о том, что ЧС подобного характера и масштаба – это невосполнимый урон для населения сегодня и будущих поколений завтра [19].

Поэтому очевидно, что необходимо проводить мероприятия по снижению негативного воздействия на здоровье людей, общества и элементы окружающей среды.

«Организация мероприятий производится федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями, осуществляющими разведку месторождений, добычу нефти, а также переработку, транспортировку и хранение нефти и нефтепродуктов» [18].

Мероприятия по безопасной работе технологического процесса во избежание разлива и пролива горючих жидкостей:

- создание формирований по ликвидации разливов и предупреждению аварийных ситуаций объекта нефтехимии с проведением аттестации рабочих мест согласно указанных обязанностей по должностным квалификациям [17];
- оснащение аварийно-спасательных формирований техническими средствами (измерительные приборы учета ПДК газов, паров жидкости, средства индивидуальной защиты органов);
- заключение договоров с профессиональными органами по ликвидации ЧС, которые компетентны в вопросах разлива нефтепродукта (специфические особенности – наличие сорбента, пенообразователя для тушения или нейтрализации ГЖ и прочие подобные средства) [21];
- своевременное оповещение работников предприятия о сложившейся аварийной ситуации, должностных лиц объекта и службы

жизнеобеспечения для оперативного реагирования к ликвидации (фактор времени крайне важен при авариях, взрывах, пожарах, статистические доказано прямая зависимость параметра быстрого сообщения к эффективной ликвидации ЧС) [17];

- оперативный доклад должностным лицам и администрации города о реальной обстановке;
- организация работ по локализации и ликвидации аварии с привлечением необходимого количества людей, наличием дополнительного финансирования для бесперебойной работы (техника, ГСМ, питание, оплата рабочим);
- обучение работников предприятия мерам и действиям в случае аварий и разлива жидкостей, четкое разграничение и постановка задач при нарушении технологического процесса;
- проведение своевременного технического обслуживания, капитальных и текущих ремонтов, профилактических мероприятий оборудования, агрегатов и самое главное резервуаров и емкостей с нефтепродуктом;
- своевременная замена оборудования, списание и утилизация устаревшего, не прошедшего испытания технологического оборудования;
- сохранение жизни и здоровья людей в рамках трудовой деятельности путем соблюдения правил по ОТ и ТБ;
- разработка декларации промышленной безопасности [22];
- организация и осуществление производственного контроля промышленного объекта (нефтехимического комплекса);
- проведение корректировки планов ликвидации аварийных ситуаций [23];
- допуск к работе лиц, прошедших обучение, опыт и квалификации которых проходит;

- лицензирование на право осуществлять деятельность по хранению нефтепродуктов в количестве, указанном в нормативных актах;
- создание и поддержание системы обнаружения разлива и пролива нефтепродуктов.

Поскольку деятельностью рассматриваемого объекта является хранение нефтехимии, обязанностью руководителя является разработка и своевременная корректировка плана мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций и ЧС.

«Планирование действий по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов и доведению остаточного содержания углеводородов в окружающей природной среде до допустимого уровня, отвечающего соответствующим природно-климатическим и иным особенностям территорий, целевому назначению и виду использования земель, водных объектов, участков лесного фонда, иных природных объектов, осуществляется на основе результатов прогнозирования последствий максимально возможного разлива нефти и нефтепродуктов, данных о составе имеющихся на объекте сил и специальных технических средств, а также данных о профессиональных аварийно-спасательных формированиях (службах), привлекаемых для ликвидации разливов» [18].

Основным направлением планирования деятельности по профилактике и недопущению ЧС, разлива нефтепродуктов является определение и расчет сил и средств по ликвидации разлива, который может произойти на рассматриваемом объекте.

При поступлении сообщения о разливе нефти и нефтепродуктов время локализации разлива не должно превышать 4 часов – при разливе в акватории, 6 часов – при разливе на почве с момента обнаружения разлива нефти и нефтепродуктов или с момента поступления информации о разливе.

«Руководство работами по локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов осуществляется комиссиями по чрезвычайным ситуациям, а на море также отраслевыми специализированными органами управления. Эти

работы проводятся круглосуточно в любую погоду (на море – при допустимых навигационных и гидрометеорологических условиях). Смена состава формирований (подразделений), создаваемых организациями, проводится непосредственно на рабочих местах. Для уточнения масштабов разливов нефти и нефтепродуктов, сложившейся обстановки и прогнозирования ее развития создаются оперативные группы специалистов соответствующего профиля. При разливах нефти и нефтепродуктов, приобретающих региональное и федеральное значение, Министр Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий вправе принять решение о созыве Межведомственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций» [18].

Объектом для рассмотрения темы по применению средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре целесообразно взят объект нефтехимического комплекса.

Нефтебаза ООО «Нефтяной мир» расположена в центре города (г. Бузулук, ул. Киевская, д. 1.) на юго-востоке в 3 км от ПЧ, предназначена для хранения и отпуска нефти. ООО «Нефтяной мир» занимается хранением нефти и нефтепродуктов, является потенциально опасным объектом, площадь территории базы составляет 32000 м². На территории базы расположены: двухэтажное административное здание, железнодорожная сливо-наливная эстакада, резервуарный парк, состоящий из четырех резервуаров по 2500 м³ каждый (расстояние между парами резервуаров 60 м), насосная ЛВЖ и ГЖ закрытого типа, временная насосная открытого типа, резервуарный парк на 10 горизонтальных емкостей по 50 м³ каждая, авто сливная эстакада.

Административное здание – двухэтажное. Размером 10 м × 8 м × 7 м, II степени огнестойкости: стены кирпичные, перегородки кирпичные, перекрытие – железобетонное, кровля – металлическая по деревянной обрешетке, освещение электрическое 220 В (место отключения электроэнергии всего здания находится в гараже), отопление центральное.

На рисунке 8 приведена схема расположения основного технологического оборудования с действующей системой противопожарной защиты.

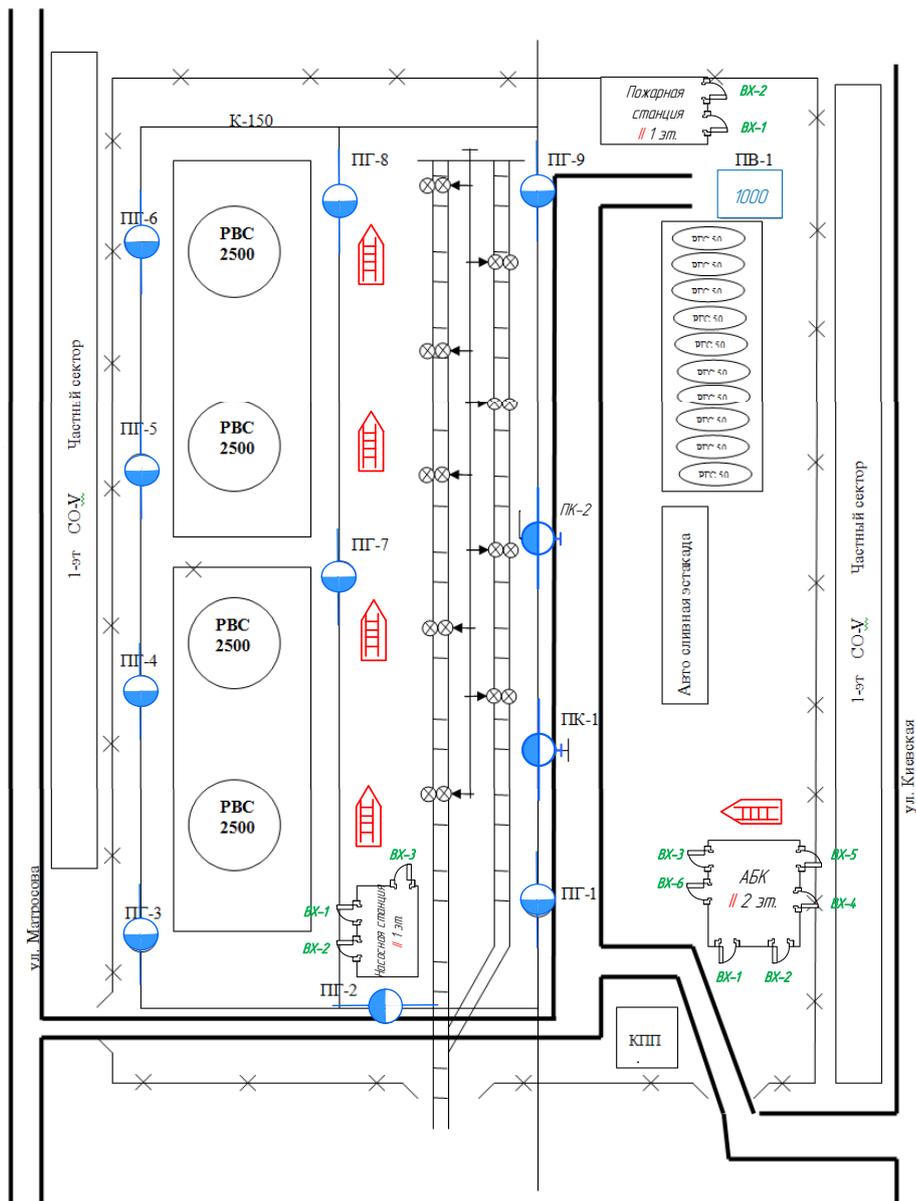


Рисунок 8 – Схема расположения технологического оборудования

Насосная по перекачке нефтепродуктов закрытого типа расположена в одноэтажном здании размером 16,3 м × 12,2 м × 4 м. Здание II степени огнестойкости: стены кирпичные, перегородки кирпичные, перекрытие ж/б,

кровля – металлическая по деревянной обрешетке, освещение электрическое 220 В (место отключения электроэнергии всего здания находится в электрощитовой), отопление центральное. В здании размещены 4 насоса, которые осуществляют перекачку нефтепродуктов в РВС с железнодорожных цистерн, из РВС в железнодорожные цистерны, а также из РВС в РВС.

Пожарная станция предназначена для подачи воды в систему противопожарного водоснабжения объекта расположена в одноэтажном здании размером 25,5 м × 20,5 м × 4 м. Здание II степени огнестойкости: стены кирпичные, перегородки кирпичные, перекрытие ж/б, кровля – металлическая по деревянной обрешетке, освещение электрическое 220 В (место отключения электроэнергии всего здания находится в электрощитовой), отопление центральное [24].

Мероприятия, предусмотренные и уже действующие на объекте:

- проектирование объекта нефтехимии согласно нормам противопожарного режима и обеспечения ПБ (соблюдение противопожарных разрывов и расстояний между РВС и группами резервуаров, учет отметок рельефа местности и зона удаленного доступа от жилой территории);
- наличие автосливной эстакады;
- наличие обвалования резервуаров;
- устройство нескольких широких подъездных путей к объекту;
- наличие пеногенераторов;
- наличие первичных средств пожаротушения [15];
- наличие источников наружного противопожарного водоснабжения.

Автосливная эстакада, предназначена для приёма автоцистерн под слив нефтепродуктов. Слив производится самотеком из автоцистерн, эстакада оборудована тремя сливными приборами УСН – 175, металлическим желобом для пролитых нефтепродуктов и отвода их в наполнительную ёмкость.

На территории расположена группа горизонтальных резервуаров. Всего горизонтальных наземных резервуаров – 10 штук, ёмкость 50 м³. Общая ёмкость темных нефтепродуктов составляет 10500 м³, с температурой вспышки выше 61 °С. Ёмкость наибольшего резервуара 2500 м³. Наибольшая площадь зеркала резервуара 227 м². Обвалование резервуарного парка сделано из земельного вала вокруг каждого резервуара в группе по 2 резервуара, которое соответствует требованиям нормы, длина 40 м и ширина 40 м, высота 1,5 м, ширина у основания 3 м. Обвалование способно удержать на территории резервуарного парка 100% хранимого продукта. Железнодорожная, наливная эстакада расположена вдоль первого подъездного пути и предназначена для приема железнодорожных цистерн и налива нефтепродуктов с помощью насосов. Для налива нефтепродуктов эстакада оборудована наливными стояками в количестве 10 штук, каждый стояк имеет 2 наливных рукава и оборудован задвижками. Въезд на территорию базы осуществляется через главные ворота. На случай пожара имеются дополнительно одни пожарные ворота со стороны железной дороги для въезда автотранспорта [25].

На ёмкостях резервуаров установлены специальные пеногенераторы, которые напитываются от сухотрубов, выведенных за обвалование, путем рукавного соединения с ним, РВС оборудованы кольцами орошения, система пожаротушения объекта находится в исправном состоянии.

«При выборе АУПТ в первую очередь следует изучить пожарную нагрузку и определить основную цель создания системы. Это поможет правильно выбрать тип огнетушащего вещества. Далее, если будет создаваться не установка на основе воды, исходя из возможностей и желаний заказчика нужно выбирать производителя ОТВ. Порошки, пенообразователи, газы, аэрозоли и их комбинации являются в основном продуктами химической промышленности. Поэтому эти вещества, несмотря на подчас близкую схожесть химических формул, а иногда и их полную идентичность, значительно различаются между собой по своим физическим свойствам. Это связано как с технологией производства, так и с примесями, которые

невозможно удалить из продукта на 100%. Это влияет также и на цену продукта, что сегодня является одним из самых значимых критериев» [2].

Подъездов к сухотрубам и ПГ обеспечен. Железнодорожная эстакада оборудована для целей пожаротушения пеногенераторами с выводом сухотрубов за эстакаду, у эстакады переоборудованы 2 ПГ под ПК $d=51$ мм. На территории размещено 8 огнетушителей ОП-10 [33]. В административном здании 4 ОП-5, в здании насосной 2 ОП-5, на КПП 1 ОП-5, в пожарной станции 1 ОП-5.

Наружное водоснабжение – на территории базы ООО «Нефтяной мир» имеется 1 пожарный водоём с ёмкостью 1000 м³, который расположен последовательно за группой горизонтальных резервуаров и водопровод диаметром внутреннего прохода 150 мм, на котором установлено 9 ПГ, давление в них 3 атмосферы. Запас пенообразователя – отсутствует.

На ёмкостях резервуаров установлены специальные пеногенераторы, которые питаются от сухотрубов, выведенных за обвалование, путем рукавного соединения с ним, РВС оборудованы кольцами орошения, система пожаротушения объекта находится в исправном состоянии.

Ближайшие водоисточники – на территории УТТ ОАО «Оренбург-нефть», которой имеется 2 пожарных водоема и 4 пожарных гидранта. Внутреннее водоснабжение – отсутствует. Электроснабжение осуществляется от силовой – 380 В и осветительной сети – 220 В, освещение на 5 светильников, электроснабжение выполнено во взрывозащищенном исполнении В1Г, ЗРУ и место отключения электроэнергии по всему объекту, находится в пожарной насосной станции.

2.2 Способы реализации технических устройств

2.2.1 Расчет защитной стенки с отбойным козырьком

Далее произведем расчет защитной стенки с козырьком для одного из четырех резервуаров РВС-2 (2500 м³) нефтебазы ООО «Нефтяной мир».

Обоснование по выбору защитного сооружения (стенки) для рассматриваемого объекта:

- возможность использования для полного удержания волны, разливающейся при разрушении резервуара жидкости и предотвращения ее перелива через ограждение;
- сравнительно недорогая стоимость устройства.

На рисунке 1 приведена защитная стенка с отбойным козырьком.

«Высоту ограждающей стены определяют по номограмме на основании расчетной схемы, приведенной на рисунке. При определении оптимальной высоты стены исходят из особенностей планировочных решений резервуарного парка и необходимости устройства подслоного тушения в пространстве между ограждающей стеной и резервуаром. Для наиболее неблагоприятного случая гидродинамического истечения конструкция ограждающей стены должна быть рассчитана на нагрузку, равную 150 тоннам на погонный метр» [11].

Критерием эффективности защитного ограждения или системы преград является их способность воспринимать гидродинамические нагрузки волны прорыва (потока жидкости) и удерживать в заданных пределах весь объем вылившегося при разрушении РВС нефти или нефтепродукта [16].

«Одним из эффективных технических решений, способных предотвратить катастрофические последствия гидродинамической аварии на резервуаре, является защитная стена, имеющая отбойный козырек, который позволяет значительно уменьшить высоту ограждающей стены, представленном на рисунке 9» [11].

Исходные данные для расчетов:

$a_1 = 1,35$, $a_2 = 1,87$, $a_3 = 3,25$ [11], параметры выбраны в соответствии с таблицей справочных данных, а также размеров и расстояний между РВС-2500 (пункт 1.1).

«Выбор оптимальных параметров элементов ограждающей стены (угла наклона волноотражающего козырька к горизонту β , его ширины b , высоты защитной стены $H_{ст}$), а также место ее установки относительно резервуара (резервуарного парка) производится с помощью следующей аппроксимационной зависимости» [11]:

$$\frac{H_{cm}}{H_p} = -0,0512 \cdot \frac{a_2^2}{\sqrt{a_3}} + 0,1256 \cdot \frac{1}{a_1^{1,5}} \sqrt{\frac{a_2}{a_3}} + 0,0458 \cdot \frac{a_1 \cdot a_2}{a_3}, \quad (1)$$

где $a_1 = f_1(\beta)=2,53$, $a_2 = f_2(b/H_p)=3,25$, $a_3 = f_3(L/R)=1,58$ – переменные, зависящие от угла наклона отбойного козырька, его ширины и расстояния от преграды до стенки резервуара соответственно.

$$\frac{H_{cm}}{H_p} = -0,0512 \cdot \frac{3,25^2}{\sqrt{1,58}} + 0,1256 \cdot \frac{1}{2,53^{1,5}} \sqrt{\frac{3,25}{1,58}} + 0,0458 \cdot \frac{2,53 \cdot 3,25}{1,58} = 0,25.$$

На рисунке 9 приведена принципиальная схема определения параметров защитной преграды.

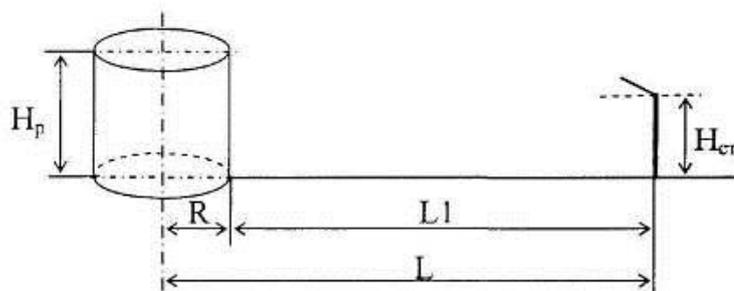


Рисунок 9 – Принципиальная схема к определению параметров защитной стены

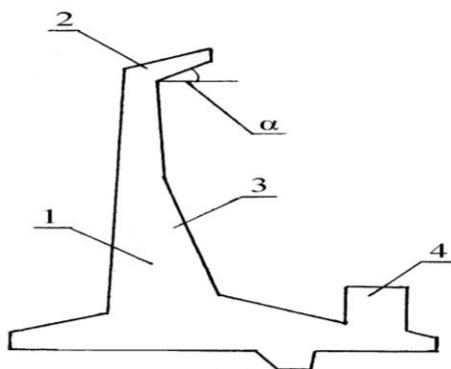
«Результаты многовариантных расчетов на ПЭВМ позволили определять оптимальную высоту защитной преграды, угол наклона и ширину

отбойного козырька, необходимых для 100 % удержания потока жидкости (гидродинамической волны) в заданных границах замкнутого контура обвалования» [11].

Так, для РВС-2500 м³, наиболее оптимальные параметры защитной стены с отбойным козырьком на расстоянии 15 м от резервуара составят:

- высота рабочей части преграды 2,28 м;
- длина вылета отбойного козырька 0,8 м;
- угол наклона козырька 45°.

На рисунке 10 показан общий вид защитной стены.



1 – защитная стена, 2 – волноотражающий козырек, 3 – площадка отражения потока, 4 – основание преграды

Рисунок 10 – Общий вид защитной стены с отбойным козырьком

«Одним из эффективных технических решений, способных предотвратить катастрофические последствия гидродинамической аварии на резервуаре, является защитная стена, имеющая отбойный козырек, который позволяет значительно уменьшить высоту ограждающей стены».

2.2.2 Расчет системы аварийного слива

Расчет будет производиться для насосной по перекачке нефтепродуктов (пункт 2.1). Сливная система на объекте предусмотрена только на площадке приёма автоцистерн под слив нефтепродуктов, где слив производится самотеком из автоцистерн, эстакада оборудована тремя сливными приборами

УСН – 175, металлическим желобом для пролитых нефтепродуктов и отвода их в наполнительную ёмкость.

Рассмотрим необходимость устройства системы аварийного слива в насосной по перекачке нефтепродуктов.

Исходные данные

Насосная по перекачке нефтепродуктов закрытого типа расположена в одноэтажном здании размером 16,3 м × 12,2 м × 4 м. Здание II степени огнестойкости: стены кирпичные, перегородки кирпичные, перекрытие ж/б, кровля – металлическая по деревянной обрешетке, освещение электрическое 220 В (место отключения электроэнергии всего здания находится в электрощитовой), отопление центральное. В здании размещены 4 насоса, которые осуществляют перекачку нефтепродуктов в РВС с железнодорожных цистерн, из РВС в железнодорожные цистерны, а также из РВС в РВС

В общем случае продолжительность процесса аварийного слива из емкостной аппаратуры определяется зависимостью

$$\tau_{\text{ав.сл.}} = \tau_{\text{опор.}} + \tau_{\text{оп.}} \leq \tau_{\text{ав.реж.}} \quad (2)$$

где $\tau_{\text{ав.сл.}}$ – продолжительность аварийного слива;

$\tau_{\text{опор.}}$ – продолжительность опорожнения аппарата;

$\tau_{\text{оп.}}$ – продолжительность операций по приведению системы слива в действие;

$\tau_{\text{ав.реж.}}$ – допустимая продолжительность аварийного режима.

Согласно [31] принимаем $\tau_{\text{опор.}}=10$ мин, $\tau_{\text{(оп.)}}= 8$ мин; $\tau_{\text{(ав.реж.)}}=29$ мин, также с учетом огнестойкости помещения перекачки нефти, а также существующей системой АУПТ расчетное время тушения 10 мин.

«Продолжительность операций по приведению системы аварийного слива в действие зависит от конкретных особенностей технологической установки. Допустимая продолжительность аварийного режима

устанавливается в пределах 10...30 мин исходя из условий безопасности (огнестойкость несущих и ограждающих конструкций, защита технологической аппаратуры и коммуникаций от теплового воздействия при пожаре, характеристика пожароопасных свойств жидкости и т. п.) и экономической целесообразности. Когда в качестве определяющего фактора принимается возможность деформации незащищенных металлических конструкций или технологической аппаратуры и коммуникаций, допустимая продолжительность аварийного режима может быть принята равной 15 мин исходя из огнестойкости незащищенных металлических конструкций и среднего времени до начала тушения пожара» [1].

Длительность аварийного слива зависит, прежде всего, от размеров емкостной аппаратуры и размеров трубопровода, а также избыточного давления жидкости. На основании гидравлических расчетов с учетом физических свойств нефтепродукта рассчитано время опорожнения аппарата.

«Аварийный слив горючей жидкости из технологических аппаратов и трубопроводов, или из помещений, оказавшихся в опасной зоне, является одним из способов предотвращения развития пожара и недопущения превращения его в крупный пожар» [1].

Для рассматриваемого объекта (база ООО «Нефтяной мир») в помещении насосной по перекачке в технологическом процессе перекачиваются нефтепродукты, которые при выходе из емкостей и оборудования могут осложнить ситуацию, предусмотрим систему аварийного слива нефтепродукта (самотеком). Место расположения аварийного резервуара – сзади насосной по перекачке нефтепродуктов.

При разливе нефтепродукта с учетом полного испарения нефтепродукта (время составляет 12589 с) аварийная ситуация будет осложнена, опасна и ликвидация затянется.

Если при разрыве напорного патрубка трубопровода насосного агрегата произойдет пожар, то поступление большого количества нефти в зону горения резко осложнит обстановку.

Развитие пожара будет зависеть от характеристики нефтепродукта, как ЛВЖ, а именно: нефть имеет температуру пламени – 1100°C, скорость выгорания нефти составляет $V_{\text{выг}} = 9-12$ см/ч.

Свободная площадь помещения насосной по перекачке:

$$F_{\text{св.}} = k \cdot F_{\text{пом.}}, \quad (3)$$

где $k = 0,7$ – коэффициент свободной площади;

$F_{\text{пом.}}$ – площадь помещения.

$$F_{\text{св.}} = 0,7 \cdot 198,86 = 139,202 \text{ м}^2.$$

Высота слоя нефтепродукта, разлившейся при аварии в помещении насосной:

$$h_{\text{Н}} = \frac{V_{\text{Н}}}{F_{\text{св}}}, \quad (4)$$

где $V_{\text{Н}}$ – объем помещения насосной;

$F_{\text{св}}$ – свободная площадь насосной по перекачке.

$$h_{\text{Н}} = \frac{5,2}{139,202} = 0,021 \text{ м},$$

При том, что высота слоя нефтепродукта будет 2,1 см, принимаем более, чем пятикратный запас длины ограждения, высоту порога примем 18 см. Таким образом, согласно расчетным данным, можно утверждать, что нефтепродукт не выйдет за пределы помещения перекачки нефтепродуктов.

Время выгорания разлившейся при аварии нефти:

$$t_{\text{выг.}} = \frac{h_{\text{Н.}}}{v_{\text{выг.}}}, \quad (5)$$

где $v_{\text{выг.}}$ – скорость выгорания нефтепродукта (9-12 см/ч).

$$t_{\text{выг.}} = \frac{2,1}{12} = 0,175 \text{ ч,}$$

Далее, поскольку здание насосной по перекачке II степени огнестойкости, примем, что потеря несущей способности не более 90 минут несущих наружных стен, потеря целостности не более 15 минут. Таким образом, при расчете времени выгорания вычислено 0,175 ч (10,5 минут). За это время даже при самом наихудшем сценарии развития аварийной ситуации не произойдет обрушение здания.

Произведем расчет системы аварийного слива из помещения насосной по перекачке нефтепродукта.

«Для этого в помещении нефтенасосной со стороны насосов вдоль стены на площади пола нужно выполнить бетонный лоток для стока нефти при аварии насоса или трубопровода с уклоном в сторону проектируемого аварийного резервуара, который предлагается установить на минимальном расстоянии за пределами здания насосной, под землей, с дыхательной системой, защищенной огнепреградителем, а с целью откачки и быстрого высвобождения аварийной емкости, соединить ее через насосную системы откачки утечек с резервуаром сбора» [1].

Для того, чтобы удержать огонь, попросту говоря, устраивают препятствия на его пути. Таким образом, можно снизить или исключить температурное тепловое воздействие, плотные дымовые потоки, являющиеся первичными факторами пожара. В качестве таких препятствий принято устраивать противопожарные перегородки, перекрытия, стены.

«Ограничение распространения пожара за пределы очага должно обеспечиваться одним или несколькими из следующих способов:

- устройство противопожарных преград;

- устройство пожарных отсеков и секций, а также ограничение этажности зданий и сооружений;
- применение устройств аварийного отключения и переключение установок и коммуникаций при пожаре;
- применение средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре;
- применение огнепреграждающих устройств в оборудовании [6];
- применение установок пожаротушения» [39].

«Расчет системы аварийного слива производим с целью определения фактической продолжительности эвакуации нефти из опасной зоны (помещения насосной) – $\tau_{\text{сл}}$, сравнивая ее с допустимой (нормативной) продолжительностью аварийного режима - $[\tau_{\text{сл}}]$, которую в большинстве случаев принимают - $[\tau_{\text{сл}}] \leq 900$ с, а также определения диаметра аварийного трубопровода и объема аварийной емкости. В качестве определяющего фактора принимаем возможность деформации незащищенных металлических конструкций здания насосной, технологических агрегатов и коммуникаций насосного зала. В этом случае допустимая продолжительность аварийного слива $[\tau_{\text{сл}}]$ может быть принята равной 20 минутам» [1].

Фактическая продолжительность аварийного слива из помещения перекачки нефтепродуктов приведена в формуле 2.

$$\tau_{\text{ав.сл.}} = \tau_{\text{опор.}} = 10 \text{ мин} \leq \tau_{\text{ав.реж.}} = 20 \text{ мин}$$

Тогда: $\tau_{\text{сл}} = \tau_{\text{опор}} \leq 20$ минут

Согласно [31] принимаем $\tau_{\text{опор}}=10$ мин, также с учетом огнестойкости помещения перекачки нефти, а также существующей системой АУПТ расчетное время тушения 10 мин.

Диаметр аварийного трубопровода:

$$d_{\text{тр.}} = 0,758 \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{ж.}}}{\tau_{\text{опор.}} \cdot \varphi_{\text{сист.}} \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})}}, \quad (6)$$

где $V_{\text{ж}} = 4,3 \text{ м}^3$ – объем разлившейся нефти (сливаемой);

$\tau_{\text{опор}} = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$ – время слива разлившегося нефтепродукта;

$\varphi_{\text{сист.}}$ – коэффициент расхода системы аварийного слива (по технической документации оборудования объекта 0,258);

H_1 и H_2 – максимальный и минимальный уровни нефти (2,1 и 1,98 согласно технологическому процессу пункт 1.1);

H_2 - принимаем равным 1,4 м;

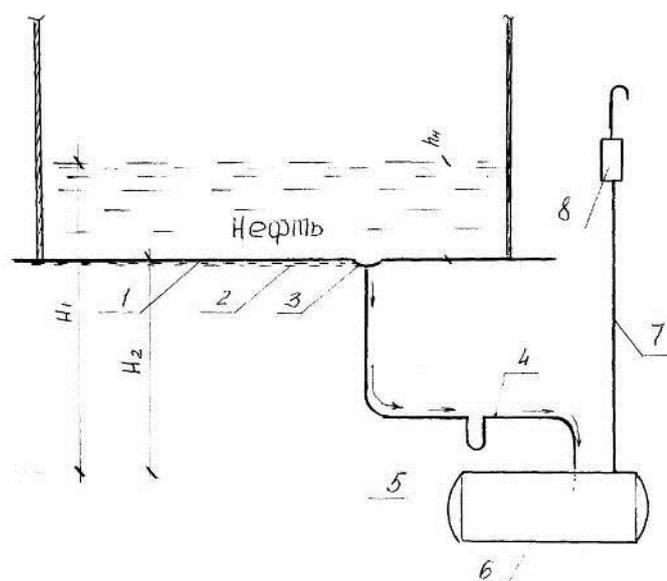
$$d_{\text{тр.}} = 0,758 \cdot \sqrt{\frac{4,3}{600 \cdot 0,258 \cdot (\sqrt{2,1} + \sqrt{1,98})}},$$

$$d_{\text{тр.}} = 0,0008 \text{ м} = 80 \text{ мм}$$

«Опасность аварийных утечек веществ можно снизить быстрым отключением поврежденных участков (аппаратов, трубопроводов) или устройством соответствующих преград для легковоспламеняющихся горючих жидкостей. Для ограничения свободного растекания горючей жидкости при повреждениях и авариях аппаратов и трубопроводов устраивают обвалования (в резервуарных парках), стены, бортики, пороги (пандусы), лотки (в производственных помещениях и на территории объекта)» [1].

Таким образом, диаметром трубопровода для аварийной системы слива можно принято 80 мм, а также предусмотреть наличие подземной емкости для аварийного слива (объем 120 м³).

На рисунке 11 изображена схема аварийного слива нефти из помещения перекачки.



1 – нефтенасосная с разлившейся на полу нефтью; 2- бетонный сливной лоток; 3 – приемок для сбора разлившейся нефти; 4 – трубопровод аварийного слива нефти; 5 – гидрозатвор; 6 – аварийный подземный резервуар; 7 – дыхательная линия; 8 – огнепреградитель исходя из огнестойкости незащищенных металлических конструкций здания перекачки [26]

Рисунок 11 – Схема аварийного слива нефти из помещения перекачки

Также с учетом пункт 2.1.1 можно принять помещение перекачки нефтепродуктов отдельным пожарным отсеком, где предусмотрена система противопожарной защиты, включающая плотное прилегание дверных полотен, наличие пандусов, аварийной системы. Возьмем помещение насосной по перекачке нефтепродуктов закрытого типа за противопожарный отсек. Также необходимо предусмотреть пандусы (высота по норме 10 см), как дополнительные элементы против разлива жидкости.

Выводы раздела 2

В результате реализации процессов, ограничивающих разлив и жидкостей при пожаре, была описана характеристика рассматриваемого объекта по обеспечению ПБ, определены существующие методы предотвращения разлива ЛВЖ, а также показаны способы реализации технических устройств. Произведены расчет защитной стенки с отбойным

козырьком, расчет системы аварийного слива.

Объектом для рассмотрения темы является нефтебаза ООО «Нефтяной мир» по адресу г. Бузулук, ул. Киевская, д. 1, предназначенная для хранения и отпуска нефти. ООО «Нефтяной мир» занимается хранением нефти и нефтепродуктов, является потенциально опасным объектом, площадь территории базы составляет 32000 м². В качестве основных технологических помещений и оборудования, где рассмотрены способы внедрения средств против разлива ЛВЖ являются РВС-2500 (взятый по большому объему, один из группы резервуаров, целесообразно рассматривать не крайний, так как по соседству такие же РВС составляют потенциальную опасность деформации, разгерметизации при аварии).

Методы существующей противопожарной защиты объекта:

- наличие автосливной эстакады;
- наличие обвалования резервуаров;
- устройство нескольких широких подъездных путей к объекту;
- наличие пеногенераторов;
- наличие первичных средств пожаротушения;
- наличие источников наружного противопожарного водоснабжения.

Произведен расчет защитной стенки с козырьком для одного из четырех резервуаров РВС-2 (2500 м³, расположен в середине группы РВС) нефтебазы ООО «Нефтяной мир». Учитывая, что расстояние между РВС-2500 – 60 м, внедрение мероприятия по устройствам защитной стенки возможно.

Итоги расчета для РВС-2500 м³, наиболее оптимальные параметры защитной стены с отбойным козырьком на расстоянии 15 м от резервуара составят:

- высота рабочей части преграды: 2,28 м;
- длина вылета отбойного козырька: 0,8 м;
- угол наклона козырька: 45°.
- значительное снижение высоты основной стенки;

- эффективность использования с учетом устройства обвалования РВС;
- простота расчетов для устройства инженерного способа;
- относительно недорогая стоимость устройства.

Эффективность при внедрении стены с защитным козырьком:

- выполнение задачи по защите от разлива жидкости непосредственно резервуаров с нефтепродуктом;
- снижение габаритов оградительного сооружения;
- осуществление надежной защиты от перетекания жидкости;
- снижение затрат при возведении сооружения;
- уменьшение аварийного истечения даже при полном разрушении емкости с нефтепродуктом.

Также произведен расчет для насосной по перекачке нефтепродуктов (пункт 2.1). Можно принять помещение перекачки нефтепродуктов отдельным пожарным отсеком, где предусмотрена система противопожарной защиты, включающая плотное прилегание дверных полотен, наличие пандусов, аварийной системы. Возьмем помещение насосной по перекачке нефтепродуктов закрытого типа за противопожарный отсек. Также необходимо предусмотреть пандусы (высота по норме 10 см), как дополнительные элементы против разлива жидкости.

Достоинства устройства аварийного слива на объекте:

- это мероприятие предусмотрено нормами и требованиями, но помещение насосной по перекачке по уровню и количеству ЛВЖ под регламент не подходит (то есть можно не устраивать), но в данном случае предлагается как дополнительная мера ограничения ЛВЖ;
- свойства производственной жидкости, попадающие под критерий ЛВЖ, ГЖ (пункт 1.1);
- особенности конструкции резервуара, емкости, опор, элементов при учетывании последствий опорожнения, а также сохранения уровня заполнения жидкости.

3 Опытная апробация реализации системы предотвращения растекания жидкостей

3.1 Описание результатов исследования по применению защитных сооружений и систем аварийного слива

Анализ происшедших пожаров в нашей стране и за рубежом показывает, что одной из опасных ситуаций в резервуарном парке хранения нефти и нефтепродуктов является загазование территории с возможностью образования зон горючих концентраций [42].

«Вместе с тем одной из наиболее опасных ситуаций, возникающей на территории резервуарных парков, является полное разрушение резервуаров. При этом образуется гидродинамическая волна прорыва, которая разрушает все на своем пути и приводит к катастрофическим последствиям. Для ликвидации последствий каскадного разрушения резервуаров, расположенных в резервуарных парках, используется преграды в виде железобетонной стены с волноотражающим козырьком, устройство которой закреплено на нормативном уровне» [42].

Произведен расчет защитной стенки с козырьком для одного из четырех резервуаров РВС-2 (2500 м³) нефтебазы ООО «Нефтяной мир».

Критерием эффективности защитного ограждения или системы преград является их способность воспринимать гидродинамические нагрузки волны прорыва (потока жидкости) и удерживать в заданных пределах весь объем вылившегося при разрушении РВС нефти или нефтепродукта.

Это одно из эффективных мероприятий (дополнительного характера к устройству обвалования, но не обязательное согласно нормам), при которых можно минимизировать последствия разлива жидкости и уменьшить риск для здоровья и жизни персонала объекта, которые могут находиться в непосредственной близости или радиусе действия аварии, разлива. Защитная

стена с отбойным козырьком способна сдержать волну разлившейся жидкости, а также удержать ее объем на локализованной территории.

«Основными сооружениями по ограничению разлива нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках являются земляные обвалования и ограждающие стены из негорючих материалов, расчет которых производится только на гидростатическое давление разлившейся жидкости. Анализ последствий разрушений РВС показал, что такие преграды не способны удержать волну прорыва, что неоднократно приводило к чрезвычайной ситуации» [9].

Применимость защитных сооружений и систем аварийного слива полностью охватывает раскрытие тематики настоящего исследования, поскольку основная функция его проектирования – локализация площади разлива жидкостей при аварийной разгерметизации резервуаров.

«Однако как следует из нормативных требований, расчет устойчивости второй стенки производится только на гидростатическое давление, что и обуславливает ее неэффективность противостоять потоку жидкости при квазимгновенном разрушении основного резервуара» [9].

Наличие в защитном сооружении волноломного зуба с указанной высотой и установленного описанным выше образом позволяет разрушить гидродинамическую волну жидкости вдали от ограждающей вертикальной стены, что существенно снижает возможность перетекания «волны прорыва» за пределы ограждаемой территории.

«Одним из способов предотвращения проявления негативных социальных, экономических и экологических последствий аварий такого рода в резервуарных парках с нормативными ограждениями можно считать применение дополнительных защитных преград, способных ограничить разлив нефти или нефтепродукта, вышедшего за пределы нормативного ограждения» [3].

«Анализ результатов расчетов исследований образования волны прорыва, ее распространения и взаимодействия с защитными преградами различной конфигурации позволил сделать следующие выводы:

- в исследуемом диапазоне изменения параметров высота вертикальной стены, необходимой для полного удержания жидкости в пределах защищаемой зоны, сравнима с высотой уровня жидкости в резервуаре;
- положительные значения осредненной скорости потока в области за ударной волной характеризуют нарастание уровня жидкости на стене;
- отрицательные значения осредненной скорости потока в области за ударной волной характеризуют понижение уровня на стене и движение жидкости обратно к резервуару;
- по мере увеличения высоты стены скорость распространения
- ударной волны также увеличивается, что обусловлено ростом разности параметров потока за и перед ударной волной» [3].

По теме исследования проведено экспериментальное исследование системы: нормативное ограждение – дополнительное защитное сооружение.

«Анализ критериев подобия процессов взаимодействия волны прорыва с защитными преградами показал, что при создании модельных стендов для воспроизведения волны прорыва и нахождения параметров дополнительных защитных преград необходимо обеспечить только геометрическое подобие моделей и натуре, соблюдая постоянное отношение между линейными размерами всех величин. В качестве рабочей жидкости при проведении экспериментов использовали воду. На различных расстояниях от макета резервуара устанавливали защитную преграду нормативной высоты, моделирующую вертикальную стену или трапецидальное обвалование с углом откоса 45° . В качестве дополнительных защитных преград рассматривали рвы различной конфигурации и вертикальные стен» [3].

«В результате проведения экспериментов:

- определена степень перелива жидкости через нормативное ограждение при разрушении резервуара. Выявлено, что степень перелива существенно зависит от вида ограждения, его высоты и слабо зависит от расстояния, на котором оно установлено от резервуара;
- определено максимальное расстояние, на которое обрушивается волна после взаимодействия с нормативным ограждением. Это расстояние зависит от вида ограждения, его высоты, а также от расстояния, на котором оно установлено от резервуара;
- в качестве дополнительных защитных преград предлагается использовать рвы трапецидального сечения с вертикальным откосом ($h_{ст}=0$), вертикальные стены ($h_{рв}=0$), а также их комбинацию» [3].

Отличительные особенности, показывающие эффективность при внедрении стены с защитным козырьком:

- выполнение задачи по защите от разлива жидкости;
- снижение габаритов оградительного сооружения;
- осуществление надежной защиты от перетекания жидкости;
- снижение затрат при возведении сооружения;
- разрушение гидродинамической волны (заранее) за счет конструкции козырька (зуба), то есть до того, как поток достигнет сооружения (стенки);
- уменьшение аварийного истечения даже при полном разрушении емкости с нефтепродуктом.

Основные особенности обеспечения норм, правил и требований в области ПБ для зданий нефтехимии:

- обеспечение общих требований ПБ;
- требования к проектированию здания (соблюдение расстояний для производственных объектов, ограничения по вместимости и максимальному объему зданий, сооружений и установок).

Основные причины пожаров на объектах нефтехимии:

- нарушение правил проектирования основных зданий и сооружений, технологического оборудования или оборудования ПБ (молниезащита, пеногенераторные установки, АУПТ);
- нарушение технологического регламента производственного процесса;
- нарушение конструкции или монтажа оборудования в процессе его эксплуатации (некачественный ремонт, монтаж, превышение срока эксплуатации, износ оборудования, трубопроводов, инженерных систем);
- грубые нарушения правил ПБ, ТБ, а также требований ОТ, в том числе при производстве огневых работ и наличии источника зажигания.

Сложность тушения таких объектов обусловлена:

- наличием большого количества производственного сырья и веществ (ЛВЖ, ГЖ), которые нельзя тушить водой;
- совмещение на одной производственной площадке разных зданий и сооружений по конструктивным и функциональным характеристикам, которые являются значительными источниками опасности (причем, явление аварии, пожара, взрыва, растекания жидкости, как правило, сопровождаются чередой последовательных нежелательных событий);
- наличие паровоздушных, газовых утечек даже при нормальном технологическом процессе;
- высокая степень автоматизации, присущая современным предприятиям, в случае сбоя может привести в аварии, поскольку нередко наблюдаются ошибки персонала и операторов;
- сложность объединения средств противопожарной защиты из-за значительных требуемых расстояний согласно нормативным требованиям [40].

Технологические процессы на таких объектах:

- слив, налив, закачка сырья;
- эксплуатация объектов хранения;
- установки фракционирования газового сырья;
- получение бытовой газовой смеси;
- ректификация;
- каталитический крекинг, риформинг;
- гидрокрекинг и коксование.

В связи с высокой пожарной опасностью объектов с ЛВЖ, ГЖ, а также высокой степенью возникновения взрывов на таких объектах немаловажно отметить факт наличия опасных веществ на таких объектах в больших количествах. В связи с этим, можно смело утверждать, что объекты с наличием ЛВЖ и ГЖ – это одни из самых сложных и дорогостоящих в области обеспечения пожарной безопасности, а также и пожаротушения.

Основные особенности обеспечения норм, правил и требований в области ПБ для зданий нефтехимии:

- обеспечение общих требований ПБ;
- требования к проектированию здания (соблюдение расстояний для производственных объектов, ограничения по вместимости и максимальному объему зданий, сооружений и установок).

Основные причины пожаров на объектах нефтехимии:

- нарушение правил проектирования основных зданий и сооружений, технологического оборудования или оборудования ПБ (молниезащита, пеногенераторные установки, АУПТ);
- сложностью ликвидации аварий, пожаров, взрывов на объектах нефтехимии;
- обязательным исполнением требований по безопасной эксплуатации таких объектов с учетом требований пожарной безопасности;

- опасностью разливов для населения и окружающей среды (долгое, часто невозможное восстановление элементов окружающей среды после аварии).

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации

Проведем расчет эффективности устройства защитной стенки с отбойным козырьком для одного из четырех резервуаров РВС-2 (2500 м³) нефтебазы ООО «Нефтяной мир».

В таблице 1 приведен план финансового обеспечения мероприятия.

Таблица 1 – План финансового обеспечения мероприятия

Наименование мероприятия	Основание	Стоимость, руб.	Срок реализации	Ответственный
Установка защитной стенки с козырьком	План мероприятий по улучшению условий труда на 2022 г.	358 925 [28]	4 кв. 2026г.	Главный инженер

Далее в таблице 1 приведена смета расходов на мероприятие.

Таблица 2 – Смета расходов на мероприятие

Наименование рабочей зоны	Установка защитной стенки с козырьком	Итого
Стоимость оборудования, руб.	256 550	256 550
Стоимость проектирования, руб.	28 250	28 250
Стоимость монтажных работ, руб.	74 125	74 125
Итоговая стоимость оснащения, руб.	358 925	358 925

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = Y - Z, \quad (7)$$

где \mathcal{E}_r – годовой экономический эффект, руб.;

Y – величина годового ущерба, потерь организации (например, от производственного травматизма), принимаем 2500000, руб.;

Z – затраты на реализацию мероприятия, принимаем 358925 согласно таблице 2, руб.

$$\mathcal{E}_r = 2500000 - 358925 = 2414075.$$

Основной целью расчета экономического эффекта является определение эффективности.

Эффективность:

$$\mathcal{E} = \frac{Y}{Z}, \quad (8)$$

где \mathcal{E} – экономическая эффективность мероприятия.

$$\mathcal{E} = \frac{2500000}{358925} = 6,97.$$

Показатели, используемые для расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета эффективности

Наименование показателя	Условные обозначения	Единицы измерения	Данные	
			Базовый вариант	Проектный вариант
Годовая численность работников	ССЧ	Человек	54	54
Число пострадавших от несчастных случаев на производстве	Чнс	Человек	13	0
Количество дней нетрудоспособности	Днс	Дни	125	0
Единовременные затраты	Зед	Рублей	-	358 925

Продолжение таблицы 3

Наименование показателя	Условные обозначения	Единицы измерения	Данные	
			Базовый вариант	Проектный вариант
Ставка рабочего	$T_{\text{чс}}$	руб/час	458	650
Коэффициент доплат	$k_{\text{допл.}}$	%	1,2	2,5
Продолжительность рабочей смены	T	час	12	12
Количество рабочих смен	S	шт	11	11
Коэффициент материальных затрат в связи с несчастным случаем	μ	-	1,5	2,2

Чистый экономический эффект (чистый доход):

$$\text{ЧЭЭ} = \sum \mathcal{E}_t - \mathcal{Z}_t, \quad (9)$$

где \mathcal{E}_t – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t -ом шаге расчета, принимаем 1520000;

\mathcal{Z}_t – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения, принимаем 358925 согласно таблице 2.

$$\text{ЧЭЭ} = 1520000 - 358925 = 1161075,$$

Чистый дисконтированный доход ЧДД, накопленный дисконтированный эффект за расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (\mathcal{E}_t - \mathcal{Z}_t + A_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (10)$$

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^1 (1520000 - 358925 + 2,58) \frac{1}{(1+0,59)^1} = 730188,68,$$

где \mathcal{E}_t – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t -ом шаге расчета;

\mathcal{Z}_t – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения;

A_t – амортизационные отчисления, осуществляемые на этом шаге, принят 2,58;

T – горизонт расчета;

E – норма дисконта, принят 0,59.

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = T - \frac{\text{ЧДД}_T}{\text{ЧДД}_{T+1} - \text{ЧДД}_T}, \quad (11)$$

$$T_{\text{ок}} = 8 - \frac{730188,68}{464000 - 730188,68} = 5,26,$$

где T – год, в котором значение чистого дисконтированного дохода последний раз отрицательное;

ЧДД_T – последнее отрицательное значение чистого дисконтированного дохода в период времени T ;

ЧДД_{T+1} – первое положительное значение чистого дисконтированного дохода.

Индекс доходности ИД, или индекс рентабельности капитальных вложений, рассчитывается как:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=0}^T (\text{Э}_t + A_t)(1+E)^{t-1}}{\sum_{t=0}^T K_t(1+E)^{t-1}}, \quad (12)$$

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=0}^1 (1520000 + 2,58)(1+0,59)^{4-1}}{\sum_{t=0}^1 K_t(1+0,59)^{4-1}} = 2,59,$$

Поскольку $\text{ИД} > 1$, проект принимается.

Защитная стена с отбойным козырьком способна сдерживать волну разлившейся жидкости, а также удерживать ее объем на локализованной территории.

Расчет ЧЭЭ, ЧДД представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Интегральные показатели эффективности мероприятия

Наименование показателей	Значение показателей по годам, тысяч рублей				
	1	2	3	4	5
Капитальные вложения	358925	-	-	-	-
Ежегодные затраты	358925	214000	145000	78000	64000
Амортизация	0,95	0,89	0,75	0,64	0,52
Эффект	1,5	1,4	1,5	1,2	1,1
ЧЭЭ	1161075	1200000	859000	584526	214563
Коэффициент дисконтирования	1,89	1,78	1,68	1,54	1,47
ЧДД с нарастающим итогом	730189	3540000	3580000	3940000	3980000
Ток	5,26	-	-	-	-
Дисконтированные капитальные вложения	152 214,2	112 512,3	124 423,3	88 526,2	65 523,2
Индекс доходности	2,59				

Это одно из эффективных мероприятий (дополнительного характера к устройству обвалования, но не обязательное согласно нормам), при которых можно минимизировать последствия разлива жидкости и уменьшить риск для здоровья и жизни персонала объекта, которые могут находиться в непосредственной близости или радиусе действия аварии, разлива. Защитная стена с отбойным козырьком способна сдержать волну разлившейся жидкости, а также удержать ее объем на локализованной территории. Эффективность устройства экономически оправдана. Применимость данного технического устройства позволяет дополнительно обеспечить надежность и безопасность процесса объекта нефтехимии.

Выводы раздела 3

Описаны результаты исследования по применению защитных сооружений.

Защитная стенка с козырьком для одного из четырех резервуаров РВС-2 (2500 м³) нефтебазы ООО «Нефтяной мир». Критерием эффективности защитного ограждения или системы преград является их способность

воспринимать гидродинамические нагрузки волны прорыва (потока жидкости) и удерживать в заданных пределах весь объем вылившегося при разрушении РВС нефти или нефтепродукта.

Это одно из эффективных мероприятий (дополнительного характера к устройству обвалования, но не обязательное согласно нормам), при которых можно минимизировать последствия разлива жидкости и уменьшить риск для здоровья и жизни персонала объекта, которые могут находиться в непосредственной близости или радиусе действия аварии, разлива. Защитная стена с отбойным козырьком способна сдержать волну разлившейся жидкости, а также удержать ее объем на локализованной территории.

Применимость данного технического устройства полностью охватывает раскрытие тематики настоящего исследования, поскольку основная функция его проектирования – локализация площади разлива жидкостей при аварийной разгерметизации резервуаров.

Устройство аварийного слива для насосной по перекачке нефтепродуктов.

Можно принять помещение перекачки нефтепродуктов отдельным пожарным отсеком, где предусмотрена система противопожарной защиты, включающая плотное прилегание дверных полотен, наличие пандусов, аварийной системы. Возьмем помещение насосной по перекачке нефтепродуктов закрытого типа за противопожарный отсек. Также необходимо предусмотреть пандусы (высота по норме 10 см), как дополнительные элементы против разлива жидкости.

Устройства аварийного слива предусмотрены требованиями ПБ и стандартами в области эксплуатации объектов нефтехимии. Так, определено, что согласно правилам химической и нефтехимической безопасности во многих отраслях промышленности необходимо предусматривать систему устройств по аварийному сливу. Располагая при этом емкости с наличием ЛВЖ, ГЖ на более высоких отметках рельефа местности, постаментах, площадках таким образом с учетом слива самотеком.

Также приведены данные по исходу теоретического исследования.

Заключение

В первом разделе проведён анализ регулирования в области пожарной безопасности на объектах с наличием ГЖ, ЛВЖ показал особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах с наличием ЛВЖ, ГЖ.

Выявлены основные критерии объектов нефтехимии при выборе методов обеспечения ПБ.

Кроме того, определены особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах с наличием ЛВЖ, ГЖ. Конкретизированы методы реализации средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре.

К методам средств, предотвращающих растекание жидкости относят:

- устройство обвалования, стен, бортов, пандусов;
- устройство средств аварийного слива, поддоны;
- устройство противопожарных отсеков и секций, оборудованных сливными отверстиями, исключающими перелив жидкости;
- установка в технологическом оборудовании быстродействующих отключающих устройств;
- планирование производственной площадке в зоне размещения, с учетом отметок рельефа местности;
- устройство пологих повышенных участков или дренажных лотков.

Описан метод обвалования резервуаров, устройство защитной стены с отбойным козырьком и сборного гибкого заградительного сооружения, а также устройство средств аварийного слива.

Обвалование резервуаров рассчитывается только на гидростатическую нагрузку, тем самым при авариях с полным разрушением резервуара обвалование не сдержит поток жидкости. Здесь необходимо проектирование дополнительных инженерных сооружений, которые смогли бы повесить

коэффициент надежности комплексной системы обеспечения системы противопожарной защиты объекта нефтехимии и разлива жидкости.

Определены отличительные особенности, показывающие эффективность при внедрении стены с защитным козырьком, а также достоинства применения сборного гибкого заградительного сооружения.

Устройства аварийного слива должны быть предусмотрены с учетом требований ПБ и стандартов в области эксплуатации объектов нефтехимии. Так, определено, что согласно правилам химической и нефтехимической безопасности во многих отраслях промышленности необходимо предусматривать систему устройств по аварийному слива. Располагая при этом емкости с наличием ЛВЖ, ГЖ на более высоких отметках рельефа местности, постаментов, площадках таким образом с учетом слива самотеком.

Во втором разделе были проанализированы процессы, ограничивающие разлив и жидкостей при пожаре, была описана характеристика рассматриваемого объекта по обеспечению ПБ, определены существующие методы предотвращения разлива ЛВЖ, а также показаны способы реализации технических устройств. Произведены расчет защитной стенки с отбойным козырьком, расчет системы аварийного слива.

Объектом для рассмотрения темы является нефтебаза ООО «Нефтяной мир» по адресу г. Бузулук, ул. Киевская, д. 1, предназначенная для хранения и отпуска нефти. ООО «Нефтяной мир» занимается хранением нефти и нефтепродуктов, является потенциально опасным объектом, площадь территории базы составляет 32000 м².

В качестве основных технологических помещений и оборудования, где рассмотрены способы внедрения средств против разлива ЛВЖ являются РВС-2500 (взятый по большему объему, один из группы резервуаров, целесообразно рассматривать не крайний, так как по соседству такие же РВС составляют потенциальную опасность деформации, разгерметизации при аварии).

Методы существующей противопожарной защиты объекта:

- наличие автосливной эстакады;
- наличие обвалования резервуаров;
- устройство нескольких широких подъездных путей к объекту;
- наличие пеногенераторов;
- наличие первичных средств пожаротушения;
- наличие источников наружного противопожарного водоснабжения.

Произведен расчет защитной стенки с козырьком для одного из четырех резервуаров РВС-2 (2500 м³, расположен в середине группы РВС) нефтебазы ООО «Нефтяной мир». Учитывая, что расстояние между РВС-2500 – 60 м, внедрение мероприятия по устройствам защитной стенки возможно.

Итоги расчета для РВС-2500 м³, наиболее оптимальные параметры защитной стены с отбойным козырьком на расстоянии 15 м от резервуара составят:

- высота рабочей части преграды: 2,28 м;
- длина вылета отбойного козырька: 0,8 м;
- угол наклона козырька: 45°.
- значительное снижение высоты основной стенки;
- эффективность использования с учетом устройства обвалования РВС;
- простота расчетов для устройства инженерного способа;
- относительно недорогая стоимость устройства.

Эффективность при внедрении стены с защитным козырьком:

- выполнение задачи по защите от разлива жидкости непосредственно резервуаров с нефтепродуктом;
- снижение габаритов оградительного сооружения;
- осуществление надежной защиты от перетекания жидкости;
- снижение затрат при возведении сооружения;
- разрушение гидродинамической волны (заранее) за счет конструкции козырька (зуба), то есть до того, как поток достигнет сооружения (стенки);

- уменьшение аварийного истечения даже при полном разрушении емкости с нефтепродуктом.

Также произведен расчет для насосной по перекачке нефтепродуктов (пункт 2.1). Можно принять помещение перекачки нефтепродуктов отдельным пожарным отсеком, где предусмотрена система противопожарной защиты, включающая плотное прилегание дверных полотен, наличие пандусов, аварийной системы. Возьмем помещение насосной по перекачке нефтепродуктов закрытого типа за противопожарный отсек. Также необходимо предусмотреть пандусы (высота по норме 10 см), как дополнительные элементы против разлива жидкости.

Достоинства устройства аварийного слива на объекте:

- это мероприятие предусмотрено нормами и требованиями, но помещение насосной по перекачке по уровню и количеству ЛВЖ под регламент не подходит (то есть можно не устраивать), но в данном случае предлагается как дополнительная мера ограничения ЛВЖ;
- применение при работе с технологическими емкостями при хранении ЛВЖ, ГЖ с большим объемом;
- свойства производственной жидкости, попадающие под критерий ЛВЖ, ГЖ (пункт 1.1);
- особенности конструкции резервуара, емкости, опор, элементов при учетывании последствий опорожнения, а также сохранения уровня заполнения жидкости.

В третьем разделе описаны результаты исследования по применению защитных сооружений. Защитная стенка с козырьком для одного из четырех резервуаров РВС-2 (2500 м³) нефтебазы ООО «Нефтяной мир». Критерием эффективности защитного ограждения или системы преград является их способность воспринимать гидродинамические нагрузки волны прорыва (потока жидкости) и удерживать в заданных пределах весь объем вылившегося при разрушении РВС нефти или нефтепродукта.

Это одно из эффективных мероприятий (дополнительного характера к устройству обвалования, но не обязательное согласно нормам), при которых можно минимизировать последствия разлива жидкости и уменьшить риск для здоровья и жизни персонала объекта, которые могут находиться в непосредственной близости или радиусе действия аварии, разлива. Защитная стена с отбойным козырьком способна сдержать волну разлившейся жидкости, а также удержать ее объем на локализованной территории. Применимость данного технического устройства полностью охватывает раскрытие тематики настоящего исследования, поскольку основная функция его проектирования – локализация площади разлива жидкостей при аварийной разгерметизации резервуаров. Также необходимо предусмотреть пандусы (высота по норме 10 см), как дополнительные элементы против разлива жидкости.

Устройства аварийного слива предусмотрены требованиями ПБ и стандартами в области эксплуатации объектов нефтехимии. Так, определено, что согласно правилам химической и нефтехимической безопасности во многих отраслях промышленности необходимо предусматривать систему устройств по аварийному сливу. Располагая при этом емкости с наличием ЛВЖ, ГЖ на более высоких отметках рельефа местности, постаментах, площадках таким образом с учетом слива самотеком.

Также приведены данные по исходу теоретического исследования.

Список используемых источников

1. Аварийный слив жидкостей [Электронный ресурс] - URL: <https://helpiks.org/2-76763.html> (дата обращения: 29.01.2022).
2. Автоматические установки пожаротушения: современное состояние и факторы развития [Электронный ресурс] - URL: <https://www.secuteck.ru/articles/avtomaticheskie-ustanovki-pozharotusheniya-sovremennoe-sostoyanie-i-factory-razvitiya> (дата обращения: 29.10.2021).
3. Воробьев В.В. Дополнительные защитные преграды для снижения пожарной опасности разлива нефти и нефтепродуктов при разрушениях вертикальных стальных резервуаров // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.2008. URL: http://agps-2006.narod.ru/avtoreferat/20_06_08_1.pdf (дата обращения: 17.06.2022).
4. Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [Электронный ресурс] : Указ Президента РФ от 11.07.2004 № 868 (ред. от 07.06.2021). – URL: <https://rulaws.ru/president/Ukaz-Prezidenta-RF-ot-11.07.2004-N-868/> (дата обращения: 29.09.2021).
5. ГОСТ 34569-2019 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Устройства сливо-наливные нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200167875> (дата обращения: 26.01.2022).
6. ГОСТ Р 53323-2009 Национальный Стандарт Российской Федерации огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 29.07.2017). - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071870>.
7. ГОСТ Р 53324-2009. Ограждения резервуаров. [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071940> (дата обращения: 26.01.2022).

8. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс] – URL: <https://propb.ru/library/baza/gosty/natsionalnyy-standart-rossiyskoy-federatsii-sistema-standartov-bezopasnosti-truda/> (дата обращения: 26.01.2022).

9. Демехин Ф.В., Цой А.А. Проблемы обеспечения пожарной безопасности резервуаров с защитной стенкой // Пожаровзрывобезопасность.2015. №1. С. 34-40 [Электронный ресурс] - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemu-obespecheniya-pozharnoy-bezopasnosti-rezervuarov-s-zaschitnoy-stenкой> (дата обращения: 17.06.2022).

10. Думилин А.И. Современные автономные установки пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность.2015. №6. С. 64-66. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-avtonomnye-ustanovki-pozharotusheniya/viewer> (дата обращения: 26.01.2022).

11. Защита от разлива нефти при мгновенном разрушении резервуара [Электронный ресурс] - URL: https://vuzlit.com/115728/zaschita_razliva_nefti_mgnovennom_razrushenii_rezervuara (дата обращения: 26.02.2022).

12. Изменения в пожарной безопасности с 2021 года [Электронный ресурс] - URL: <https://www.trudohrana.ru/article/104050-pojarная-bezopasnost-izmeneniya-2021>(дата обращения: 29.10.2021).

13. Изменения в правила противопожарного режима в РФ [Электронный ресурс] - URL: <https://goo.su/B7HB> (дата обращения: 29.10.2021).

14. Киздермишов А.А., Киздермишова С.Х. Проблемы применения автоматических систем (установок) газового пожаротушения // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы.2019. № 9(1) С. 111. URL: <https://goo.su/txcTJ> (дата обращения: 26.01.2022).

15. Меркулов А. В., Меркулов В. А. Выбор и расчет системы пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность.2018. №5. С. 91-96. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-i-raschet-sistemy-gazovogo-pozharotusheniya/viewer> (дата обращения: 26.01.2022).

16. Миклина Е.А., Волкова С.Н. О проблемах моделирования динамики пожара // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. № 1(9) С. 599-602. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-problemah-modelirovaniya-dinamiki-pozhara/viewer> (дата обращения: 26.01.2022).

17. Неотложные меры и методы ликвидации аварийных разливов нефти. Справка. [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/20090714/177333106.html> (дата обращения: 29.02.2022).

18. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства от 30.12.2003 № 794 (ред. от 02.04.2020) URL: <https://rulaws.ru/goverment/Postanovlenie-Pravitelstva-RF-ot-30.12.2003-N-794/> (дата обращения: 29.09.2021).

19. О защите населения и территории от ЧС [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 11.11.1994 № 68-ФЗ (ред. от. 08.12.2020) URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-68-FZ/> (дата обращения: 29.09.2021).

20. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 27.12.2019). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-69-FZ/Statya-1/> (дата обращения: 29.09.2021).

21. О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории РФ [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 15.04.2002 № 240 (ред. от 14.11.2014). URL: <https://rulaws.ru/goverment/Postanovlenie-Pravitelstva-RF-ot-15.04.2002-N-240/> (дата обращения: 15.03.2022).

22. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.1997 (ред. 11.06.2021) №116. URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.07.1997-N-116-FZ/> (дата обращения: 23.04.2022).

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

24. Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории РФ, за исключением внутренних морских вод РФ и территориального моря РФ, а также о признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 30.12.2020 № 2451. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573319208> (дата обращения: 23.03.2022).

25. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 №533. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573200380> (дата обращения: 23.03.2022).

26. Огнезадерживающие устройства на производственных коммуникациях [Электронный ресурс] : URL: https://studopedia.ru/19_22593_ognezaderzhivayushchie-ustroystva-na-proizvodstvennih-kommunikatsiyah.html (дата обращения: 02.04.2021).

27. Пат. 189 242 Российская Федерация, СПК А62С 4/00 (2018.08). Огнепреградитель / Сойкин С. И., Сойкин А. С. ; заявитель и патентообладатель ООО «Промышленное оборудование». – № 2018133573 ; заявл. 29.01.2018 ; опубл. 16.05.2019, Бюл. № 14. – 7. [Электронный ресурс] – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU189242U1_20190516 (дата обращения: 24.01.2022).

28. Пат. 2 235 839 Российская Федерация, МПК Е04Н 7/00(2000.01). Защитное сооружение резервуаров, предназначенных для хранения жидких

опасных веществ / Ситник В.Г. и другие ; заявитель и патентообладатель Ситник В.Г. и другие. – № 2002132248/03 ; заявл. 02.12.2002 ; опубл. 10.06.2004, Бюл. № 2. – 4. [Электронный ресурс] – URL: <https://patenton.ru/patent/RU2235839C2> (дата обращения: 23.03.2022).

29. Пат. 2 235 933 Российская Федерация, МПК E04H 7/00(2000.01). Сборное гибкое заградительное сооружение для обеспечения экологической безопасности населения и территорий от последствий чрезвычайных ситуаций / Скрынников А.Ю. и другие ; заявитель и патентообладатель Скрынников А.Ю. и другие. – № 2010128311/63 ; заявл. 10.07.2010 ; опубл. 20.12.2004, Бюл. № 5. – 8. [Электронный ресурс] – URL: <https://patenton.ru/patent/RU2535933C2> (дата обращения: 17.06.2022).

30. Принципы обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] - URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/printsipyi-obespecheniya-pozharnoy-bezopasnosti-zdaniy-i-sooruzheniy/> (дата обращения: 28.02.2022).

31. Разлив дизельного топлива в Норильске [Электронный ресурс] - URL: <https://goo.su/tSVS> (дата обращения: 26.02.2022).

32. Руководство по безопасности для нефтебаз и складов нефтепродуктов. Серия 09. Выпуск 03. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. — 60 с.

33. СП 9.13130.2009. Техника пожарная огнетушители требования к эксплуатации. – Введ. 2009-05-01. [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071152> (дата обращения: 26.01.2022).

34. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования пожарной безопасности. – Введ. 2020-02-14. [Электронный ресурс] - URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=360803> (дата обращения: 26.03.2022).

35. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. – Введ. 2009-09-19. [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 26.01.2022).

36. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические нормы и правила проектирования». – Введ. 2009-05-01. [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071148> (дата обращения: 26.01.2022).

37. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Свод правил. – Введ. 2014-01-01. –М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2014. – 32 с. [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108948> (дата обращения: 26.03.2022).

38. СП 156.13130.2014 Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности. – Введ. 2014-01-21. [Электронный ресурс] - URL: <https://propb.ru/library/baza/svody-pravil/svod-pravil-stantsii-avtomobilnye-zapravochnye-trebovaniya-pozharnoy-bezopasnosti-sp-156-13130-2014/> (дата обращения: 26.03.2022).

39. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 29.07.2021). - URL: <http://rulings.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N-123-FZ/> (дата обращения: 29.01.2021).

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

41. Ширяев Е. В., Комельков А.В. Нормативно-правовые основы и опыт применения инженерно-технических решений, направленных на снижение пожарной опасности аварийных проливов горючих жидкостей

// Вестник Воронежского института ГПС МЧС России.2015. №6. С. 82-86.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/normativno-pravovye-osnovy-i-opyt-primeneniya-inzhenerno-tehnicheskikh-resheniy-napravlennyh-na-snizhenie-pozharnou-opasnosti-avariyuyh> (дата обращения: 26.01.2022).

42. Юрьев В.И., Петров А.П., Швырков С.А., Юрьев Я.И. Проблемы пожарной безопасности хранения нефти и нефтепродуктов в вертикальных стальных резервуарах типа РВС // Академия ГПС МЧС России.2013. №6. С. 59-64. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-2/12-02-16.ttb.pdf> (дата обращения: 26.01.2022).

43. Qureshi W.S., Ekpanyapong M., Dailey M.N., Rinsurongkawong S., Malenichev A., Krasotkina O. Quickblaze: early fire detection using a combined video processing approach: Fire Technology. London ECIR 0ET, UK, 2021. – 8 P.

44. Paudel D., Rinta-Paavola A., Hostikka S., Mattila H.-P. A survey of machine learning algorithms-based forest fires prediction and detection systems multiphysics modelling of stone wool fire resistance: Fire Technology. London ECIR 0ET, UK, 2021. – 5 P.

45. Rackauskaite E., Bonner M., Restuccia F Fire experiment inside a very large and open-plan compartment: x-one.: Fire Technology. London ECIR 0ET, UK, 2021. – 5 P.

46. Thompson D.K., Yip D.A. Quantifying firebrand production and transport using the acoustic analysis of in-fire cameras: Fire Technology. London ECIR 0ET, UK, 2016. – 5 P.

47. Xiong c., Liu Y., Xu C., Huang X. Acoustical extinction of flame on moving firebrand for the fire protection in wildland–urban interface: Fire Technology. London ECIR 0ET, UK, 2021. – 3P.