

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

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Совершенствование системы тушения пожаров на объектах АЗС

Обучающийся

А.В. Дьяков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.х.н., доцент А.В. Суханов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент, Фрезе Т.Ю.

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	8
Перечень сокращений и обозначений.....	9
1 Организационные основы работы и обеспечения пожарной безопасности на АЗС	10
1.1 Система пожарной безопасности АЗС.....	10
1.2 Порядок приема, хранения, отпуска нефтепродуктов на АЗС	18
Выводы по разделу 1	26
2 Анализ пожарной обстановки на АЗС	28
2.1 Оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования	28
2.2 Оценка возможности образования горючей среды при выходе веществ наружу из технологического оборудования, образующееся при штатном режиме функционирования технологического процесса	33
2.3 Оценка размеров зон взрывоопасных концентраций, при поступлении горючих газов и паров в открытое пространство	48
Выводы по разделу 2.....	51
3 Система тушения пожаров на объектах АЗС	45
3.1 Расчет параметров современных средств и установок пожаротушения...	45
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.....	52
Выводы по разделу 3.....	65
Заключение	64
Список используемых источников.....	71

Введение

Тушение пожаров является актуальной задачей, стоящей перед пожарно-спасательными подразделениями. Основная опасность заключается в наличии легковоспламеняющихся веществ и горючих жидкостей, таких как бензин, дизельное топливо и сжиженный газ. Оперативное и грамотное тушение очень важно для предотвращения распространения пожаров на соседние объекты и минимизации возможных жертв. Пожаротушение – это сложный процесс, содержащий нормы и требования федерального законодательства, а также практические навыки тактических действий по тушению.

Для эффективного тушения пожара на автозаправочных станциях применяются различные методы и средства. В первую очередь, необходимо прекратить технологический процесс (подачу и последующий розлив топлива) и эвакуировать людей из опасной зоны. Затем, в зависимости от масштаба и характера пожара, необходимо использовать огнетушащие вещества (в основном, применительно, пена, вода только для охлаждения резервуаров и емкостей, порошки). Применение воды без специальных добавок может быть неэффективным при тушении горючих жидкостей и даже привести к увеличению площади горения, поскольку плотность топлива ниже, чем у воды. Поэтому, топливо (например, бензин) всплывает и продолжает гореть на поверхности.

Особое внимание уделяется охлаждению резервуаров с топливом для предотвращения их перегрева и возможного взрыва. Для этого используются водяные завесы и мощные лафетные стволы, способные подавать воду на большое расстояние. Кроме того, пожарные должны быть экипированы в специальное защитное снаряжение, обеспечивающее защиту от тепла, пламени и токсичных продуктов горения.

Только комплексный подход, включающий в себя правильную тактику, использование подходящих средств и профессионализм пожарных, позволяет успешно справиться с пожаром на АЗС.

Актуальность и научная значимость настоящего исследования темы обусловлена:

- высокой степенью опасности веществ и материалов автозаправочной станции;
- постановкой новых проблем в связи с расширением масштабов производственных нефтехимических объектов;
- необходимостью получения новых знаний вследствие высокой смертности при авариях на рассматриваемых объектах.

Объект исследования: система тушения пожаров на АЗС.

Предмет исследования: технические средства системы тушения пожаров конкретной автозаправочной станции (ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63.).

Цель исследования: совершенствование существующей системы пожаротушения АЗС (ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63.).

Гипотеза исследования состоит в том, что для того, чтобы повысить технические методы управления пожаротушением, необходимо:

- проанализировать нормы и требования порядка приема, хранения, отпуска нефтепродуктов на АЗС (ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63.);
- описать технологическое оборудование и процессы на АЗС, которые могут сопровождаться образованием внутренней горючей среды)
- привести расчет образования горючей среды при выходе веществ наружу для выбранных технологических процессов и оборудования.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- провести обзор организационных основ работы и обеспечения пожарной безопасности на автозаправочной станции;
- провести анализ пожарной обстановки на АЗС;
- разработать методы повышения системы тушения пожаров на АЗС.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: технический регламент о требованиях пожарной безопасности, нормативно-правовые акты и стандарты в области пожарной безопасности.

Базовыми для настоящего исследования явились также: данные об объекте исследования – АЗС (ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63), план мероприятий объекта.

Методы исследования: расчетный метод расчета размеров зон взрывоопасных концентраций, оценки эффективности внедряемых мероприятий.

Опытно-экспериментальная база исследования – 3 пожарно-спасательный отряд Федеральной Противопожарной Государственной противопожарной Службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий России по Самарской области.

Научная новизна исследования заключается в:

- развитии комплексного подхода к системе совершенствования АЗС;
- предложении современных средств и установок пожаротушения, предлагаемых для совершенствования существующей системы пожаротушения.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- выявлении опасных ситуаций для АЗС;
- описании потенциальных источников пожарной опасности на АЗС;

- освещении научной проблемы совершенствования обеспечения пожарной безопасности АЗС с целью снижения риска возникновения пожара во взрывоопасных средах;
- выявлении сравнительных данных современных средств и установок пожаротушения, предлагаемых для совершенствования существующей системы пожаротушения.

Практическая значимость исследования заключается в:

- проведенных расчетах оценки возможности образования горючей среды при выходе веществ наружу из технологического оборудования, образующееся при штатном режиме функционирования технологического процесса;
- оценке размеров зон взрывоопасных концентраций, при поступлении горючих газов и паров в открытое пространство;
- расчете образования горючей среды при выходе веществ наружу для выбранных технологических процессов и оборудования.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- расчетом оценки эффективности внедряемого устройства;
- обоснованным выбором основных допущений и ограничений, принятых в качестве исходных при формулировании постановок научных задач.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в проведении расчетов по различным параметрам для рассматриваемой АЗС, анализе технологического параметра и сравнении его с оптимальными режимами работы.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. По теме исследования написана научная статья Дьяков А.В.

Совершенствование системы тушения пожаров на объектах АЗС / Журнал «Наука и просвещение», г. Пенза, 2024 г, с. 68-72.

На защиту выносятся:

- результаты анализа пожарной обстановки на ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63 – особенности порядка обеспечения пожарной безопасности;
- разработанные методы повышения системы тушения пожаров на ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63 путем внедрения генератора высокократной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 1 рисунок, 6 таблиц, список использованной литературы включает 42 источника. Основной текст работы изложен на 80 страницах.

Термины и определения

«Анализ опасности – выявление нежелательных событий, влекущих за собой реализацию опасности, анализ механизма возникновения таких событий и масштаба их величины, способного оказать поражающее действие» [25].

«Негативное воздействие на окружающую среду – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды» [14].

«Меры пожарной безопасности – действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности» [42].

«Опасные факторы пожара – факторы пожара, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу» [42].

«Разгерметизация как способ взрывозащиты: наиболее распространенный способ пожаро-, взрывозащиты замкнутого оборудования и помещений, заключающийся в оснащении их предохранительными мембранами и (или) другими разгерметизирующими устройствами с такой площадью сбросного сечения, которая достаточна для предотвращения разрушения оборудования или помещения от роста избыточного давления при сгорании горючих смесей» [25].

«Тушение пожаров – действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров с учетом специфики зданий (сооружений), в которых произошел пожар» [14].

«Устойчивость объекта защиты при пожаре – свойство объекта защиты сохранять конструктивную целостность и (или) функциональное назначение при воздействии опасных факторов пожара и вторичных проявлений опасных факторов пожара» [42].

Перечень сокращений и обозначений

АПС – автоматическая пожарная сигнализация

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения

БПЛА – беспилотные летательные аппараты

ВМП – воздушно-механическая пена

ГЖ – горючая жидкость

ГПС – генератор пены средней кратности

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени

ПБ – пожарная безопасность

СУГ –сжиженные углеводородные газы

ТРК – топливораздаточная колонка

1 Организационные основы работы и обеспечения пожарной безопасности на АЗС

1.1 Система пожарной безопасности АЗС

Организационные основы обеспечения пожарной безопасности на автозаправочных станциях включают сведения нормативно-правовых требований источников действующего законодательства, а также данные о горючих свойствах ЛВЖ, ГЖ, АХОВ, которые хранятся и транспортируются в технологическом процессе заправки.

Ключевым аспектом является разработка и внедрение системы управления пожарной безопасностью, включающей в себя определение ответственных лиц, разработку инструкций и планов эвакуации, проведение регулярных тренировок и инструктажей для персонала. Обязательным элементом является категорирование помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, а также обеспечение наличия и исправности первичных средств пожаротушения, автоматических установок пожаротушения и сигнализации [23].

«Основной принцип при этом – учить личный состав тому, что необходимо делать при проведении боевых действий на пожаре. Причем, переходя от простого к сложному, от решения частных задач к решению их в комплексе» [11].

Кроме того, важна организация регулярных проверок соблюдения требований пожарной безопасности, ведение журналов учета проведения противопожарных мероприятий и взаимодействие с местными органами государственного пожарного надзора для оперативного решения возникающих вопросов и повышения эффективности системы пожарной безопасности АЗС.

«При пожаре возможны:

- выход горящего продукта в обвалование вследствие выброса, разрушения резервуара, нарушения герметичности задвижек и фланцевых соединений;
- образование в резервуаре в результате деформации стен и обрушения крыши зон, куда затруднена подача огнетушащих веществ;
- распространение огня на соседние резервуары;
- изменение направлений потоков продуктов горения и теплового воздействия, характера распространения концентраций опасных веществ в зависимости от метеоусловий;
- угроза жизни и здоровью людей при прямом контакте с ядовитым веществом в случае выброса метанола, образовании разливов и зон загазованности» [13].

Многотопливные АЗС, независимо от места их размещения, должны быть оснащены наружным противопожарным водопроводом [40].

«АЗС, на которых осуществляется заправка транспортных средств сжиженными углеводородными газами (СУГ), должны быть оснащены противопожарным водопроводом высокого давления. Подача воды на наружное пожаротушение и орошение может осуществляться посредством насосной станции пожаротушения от противопожарных водоемов или резервуаров общей вместимостью не менее 200 м³, расположенных от АЗС на расстоянии не более чем 200 м. Время восстановления после пожара неприкосновенного запаса воды не должно превышать 24 ч» [5].

Для обеспечения охлаждения надземного (наземного) оборудования с СУГ на складской площадке и автоцистерны с СУГ в случае пожара следует предусматривать устройство систем водяного орошения, обеспечивающих подачу воды на поверхности указанного оборудования [19].

«Системы водяного орошения должны быть подключены к противопожарному водопроводу АЗС с дистанционным пуском из помещения операторной. Размещение и конструктивное исполнение системы водяного орошения должно обеспечивать ее устойчивость к тепловому

излучению пожара. Расход воды на наружное пожаротушение многотопливной АЗС определяется расчетом как суммарный расход воды, включающий в себя максимальное из значений расхода на пожаротушение зданий и общий расход воды на охлаждение АЦ, расположенного оборудования с СУГ и сжатым природным газом» [5].

Интенсивность подачи воды на охлаждение автоцистерны и расположенного оборудования с СУГ [24].

Расчетное время подачи воды на охлаждение следует принимать не менее 60 мин. Помещения, в которых обращается сжатый природный газ и СУГ, должны оборудоваться автоматической пожарной сигнализацией [18].

«При срабатывании пожарной сигнализации в помещении АЗС должны быть обеспечены в автоматическом режиме:

- подача сигнала о пожаре в помещение операторной с круглосуточным пребыванием в нем
- персонала АЗС;
- прекращение операций по наполнению резервуаров (сосудов) топливом;
- перекрытие запорной арматуры на трубопроводах подачи СУГ в резервуар и паров СУГ в
- свободное пространство АЦ;
- отключение всех топливораздаточных колонок и компрессорного оборудования» [5].

Во избежание возникновения горючей и взрывоопасной среды (а впоследствии и пожара) на территории АЗС соблюдают производственную санитарию и гигиену, очищают все рабочие помещения, емкости и трубопроводы от остатков ГСМ, ЛВЖ и ГЖ [22].

«При проведении ремонтно-восстановительных работ на АЗС ее руководитель, ответственный за пожарную безопасность (ПБ) должны обеспечить необходимые противопожарные меры. Запрещается устанавливать технологическое оборудование, предназначенное для работы

со взрывопожароопасными углеводородными материалами, не соответствующее используемой на АЗС технологической системе, технико-эксплуатационным, конструкторским документам. При заполнении наземных, подземных резервуаров жидкими нефтепродуктами запрещено использовать больше 95% их внутреннего объема хранения, при этом работы по наполнению должны производиться исключительно закрытым способом» [16].

«Запрещено перекрывать деаэрационные трубопроводы резервуаров хранения моторного топлива при операциях слива-налива. Выходы паров нефтепродуктов в атмосферу должны осуществляться только через деаэрационные трубопроводы резервуаров хранения ГСМ или дыхательные клапаны цистерн автотранспорта, перевозящих топливо. Работы по техническому сервису, ремонту внутри резервуаров допускается производить только в тех случаях, когда концентрация паров нефтепродуктов составляет не больше 20% нижней концентрации предела распространения огня; проводя непрерывный контроль газовой среды» [16].

Для детального рассмотрения технологического оборудования и процессов на АЗС, выбран объект ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63.

АЗС служит для приёма, хранения, выдачи ГСМ. Выдачу и прием железнодорожных цистерн, и автомобильных цистерн.

Площадь застройки 2947 м², представляет собой участок, ограниченный по всему периметру бетонным забором с продувными секциями. На территории располагаются ёмкости для хранения ГСМ подземного и наземного хранения. Количество емкостей 31 штука. Общий объём ёмкостей 1,980 м³. Емкости открытого типа в количестве 14 штук объемом 60000 литров каждая. Емкости подземного типа объемом 75000 литров располагаются в 1 и 3 линии в количестве 11 штук, 6 емкостей в 1 линии и 5 емкостей в 3 линии соответственно. В 4 линии располагаются емкости подземного типа в количестве 6 штук по 60000 литров каждая.

Имеется две наливные станции для выдачи нефтепродуктов тип 1СВН-80А, установлены топливозаправщики и предназначены для перекачивания различных видов топлива (нефтепродуктов): бензин, дизельное топливо при температуре от -40 °С до +50 °С. На территории находится одноэтажное здание административно-бытового корпуса модульного типа площадью 280 м². Геометрические размеры 28 м × 10 м. Помещение охраны возвышается над зданием административно-бытового корпуса в виде вышки на высоте 6 метров с отдельным лестничным маршем. По территории проложено железнодорожное полотно. Также на территории находится операторская, геометрические размеры 6 м×6 м, склад для хранения инвентаря и пожарного оборудования, геометрические размеры 10 м×6 м, здание насосной для перекачки ГСМ с геометрическими размерами 5 м × 6 м.

Ёмкости для хранения топлива представляют собой железнодорожные цистерны, зарытые в землю на глубину 3 м. Надземные емкости расположены в один ряд, установлены на бетонном основании на высоте 1 метра с бетонным обвалованием. В штат АЗС входит 15 человек. Освещение в служебном помещении электрическое в взрывозащитном исполнении. Производственный корпус и пост охраны оборудованы системой противопожарной защиты с выходом на контрольно-приемный прибор расположенный в производственном корпусе на первом этаже здания с круглосуточной охраной.

В таблице 1 приведены сведения о характеристике резервуаров.

Таблица 1 – Сведения о характеристике резервуаров

Размер, м	Конструктивные элементы	Напряжение в сети, В	Место отключения
2,770 2,770 × 9	Сварной металлический каркас	380	Общий выключатель находится с восточной стороны в рубке оператора
2,70 х 2,70 × 7	Сварной металлический каркас	380	Общий выключатель находится с восточной стороны в рубке оператора

По справочным данным, характеристики объекта, группа резервуаров предназначена для хранения легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), бензина с температурой вспышки меньше 28 °С. Горение в резервуарах может сопровождаться вскипанием и выбросами при прогреве более 100 °С [35]. Средство тушения – воздушно-механическая пена (ВМП) [20]. Дизельное топливо, бензин относят к горючим жидкостям (ГЖ).

В таблице 2 приведены сводные данные технологического оборудования АЗС.

Таблица 2 – Сводные данные технологического оборудования АЗС

Наименование помещения, технологического оборудования	Наименование горючих (взрывчатых) веществ и материалов	Объем в помещении, (кг, л, м ³)	Краткая характеристика пожарной опасности	Средства тушения
Резервуары Р-75 (подземные) 1-я линия	Дизельное топливо	6 × 75 м ³	ГЖ с Т воспламенения более 28°С	ВМП
Резервуары Р-60 (наземный) 2-я линия	Бензин	14 × 60 м ³	ЛВЖ с Т воспламенения менее 28°С	ВМП
Резервуары Р-75 (подземные) 3-я линия	Дизельное топливо	5 × 75 м ³	ГЖ с Т воспламенения более 28°С	ВМП
Резервуары Р-60 (подземные) 4-я линия	Дизельное топливо	6 × 60 м ³	ГЖ с Т воспламенения более 28°С [39]	ВМП

Характеристики топливно-раздаточной системы:

- пропускная способность (5 топливно-раздаточных колонок (ТРК) «Гарвекс», «Benza», 50 л/мин);
- точность измерения (гарантия расчёта объёма топлива, заправленного в автомобиль, точность выдачи доз топлива через колонку в пределах ±0,25 % от отпущенного количества по объёму и ±0,4 % – по массе);
- характеристика видов топлива и топливораздаточных пистолетов (бензин АИ-92 (Регуляр-92), АИ-95 (Премиум-95), АИ-98 (Супер-98),

АИ-100; дизельное топливо межсезонное, от -15 до $+5$ °С и зимнее) [21].

На территории имеется пожарный водоем объемом 500 м^3 на расстоянии $0,1 \text{ м}$. В случае отключения водоснабжения имеются два пожарный водоема объемом по 15 м^3 каждый [28].

На территории имеются передвижные огнетушители ОП-100 в количестве 2 штук, ОВП-100 в количестве 2 штук, ОП-5 в количестве 10 штук.

Так же имеется пожарный пост с пожарным оборудованием переносная мотопомпа для подачи огнетушащих веществ, а также запас пенообразователя марки ПО 6 ВАС в количестве 1000 литров. 1.

Коммутационный аппарат – 380 В, общий выключатель находится в рубке оператора с восточной стороны.

Имеются две насосные станции для переливания ЛВЖ рабочий режим от 380В. Первая насосная станция расположена возле первого слива колодца топлива с северной стороны первой группы резервуаров. Вторая насосная станция расположена между первой и второй группами резервуаров. Освещение в служебном помещении электрическое 220 В в противопожарном исполнении [27].

Вентиляция, а также установки дымоудаления и подпора воздуха отсутствуют.

Вид автоматической пожарной сигнализации (АПС) – адресно-аналоговая, она представляет собой более сложную и гибкую систему обнаружения пожара по сравнению с традиционными пороговыми системами.

В отличие от пороговых систем, где датчики просто сигнализируют о превышении заданного порога температуры или задымленности, адресно-аналоговые датчики постоянно передают на контрольную панель аналоговые значения измеряемых параметров.

На рисунке 1 приведена схема АЗС на местности.

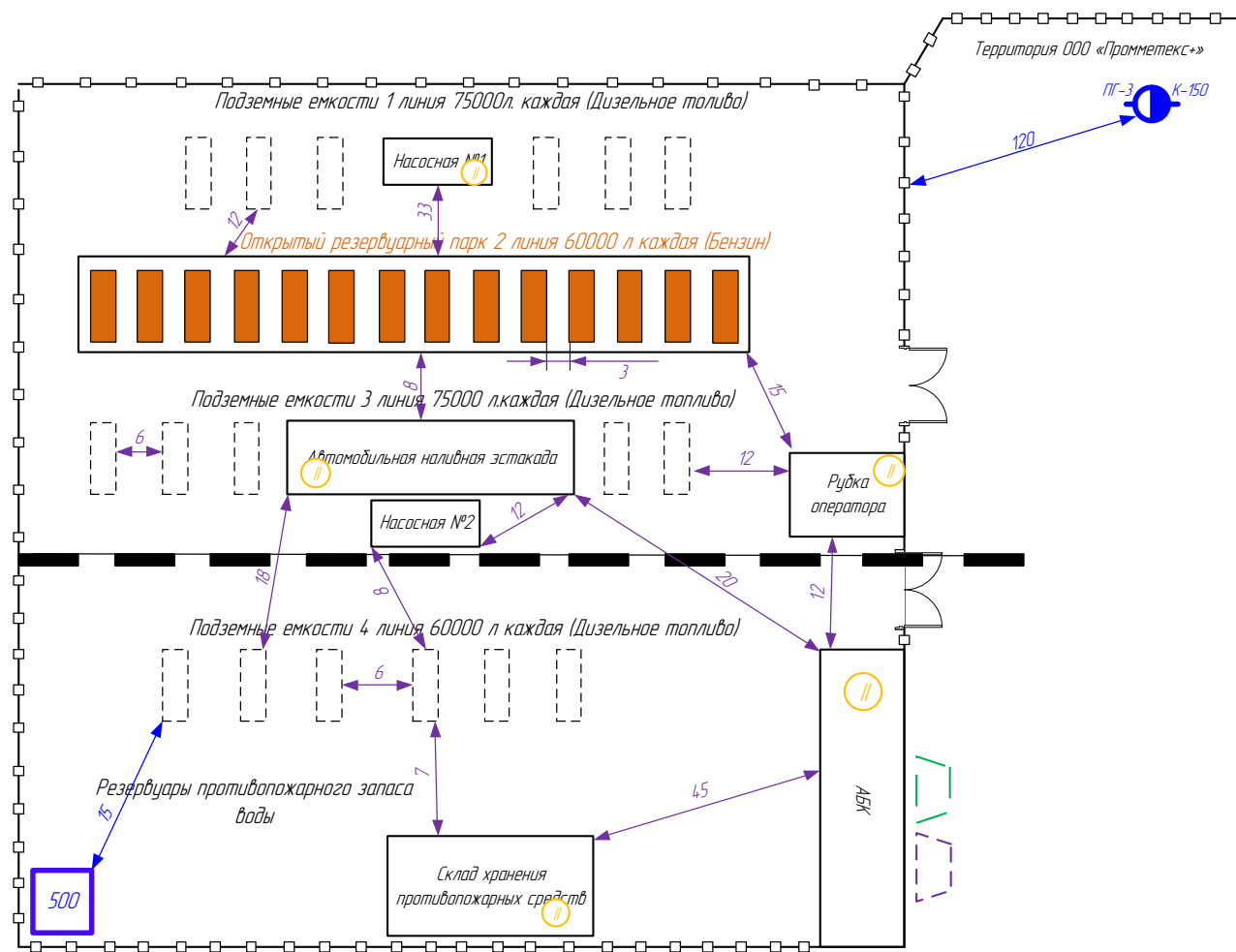


Рисунок 1 – Схема АЗС на местности

Это позволяет контрольной панели анализировать изменение этих параметров во времени и принимать более взвешенные решения о возникновении пожара, минимизируя количество ложных срабатываний [27].

АПС и АУПТ являются критически важными системами безопасности для автозаправочных станций, поскольку они помогают предотвратить и оперативно ликвидировать возгорания, минимизируя риски для людей, имущества и окружающей среды [17], [40]. Выбор типа АУПТ должен соответствовать классу пожарной опасности помещений и оборудования АЗС. Для зон хранения и выдачи топлива применяются пенные или порошковые системы пожаротушения, которые эффективно справляются с возгоранием горючих жидкостей [24].

АПС должна обеспечивать раннее обнаружение пожара с помощью датчиков дыма, тепла и пламени, а также оперативное оповещение персонала и пожарных подразделений [24], [40]. Размещение датчиков, их количество и чувствительность должны соответствовать плану эвакуации и учитывать особенности планировки и технологического процесса АЗС [17]. Регулярное техническое обслуживание и проверка работоспособности АПС и АУПТ являются обязательными условиями для обеспечения их надежной работы в случае возникновения пожара.

Обслуживание должно проводиться квалифицированным персоналом, имеющим соответствующие лицензии и допуски [24].

Необходимо проводить периодические испытания системы на соответствие требованиям нормативных документов, а также вести учет всех проведенных работ и выявленных неисправностей. Соблюдение всех требований к АПС и АУПТ на АЗС является залогом безопасности и предотвращения серьезных последствий при возникновении пожара [17], [40].

Состояние системы пожарной безопасности АЗС в целом представляет собой комплексную оценку соответствия объекта требованиям нормативных документов в области пожарной безопасности. Это включает в себя проверку наличия и исправности первичных средств пожаротушения (огнетушители, пожарные щиты), автоматических систем пожарной сигнализации и

пожаротушения, систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, а также соответствие планировки и содержания территории АЗС требованиям пожарной безопасности [1], [24].

1.2 Порядок приема, хранения, отпуска нефтепродуктов на АЗС

Законодательство в области пожарной безопасности основывается на принципах обеспечения защиты жизни и здоровья граждан, сохранности имущества и охраны окружающей среды от пожаров [42].

Эти принципы включают в себя обязательное соблюдение норм и правил пожарной безопасности, установленных федеральными законами и подзаконными актами. Основной целью законодательства является предотвращение пожаров и минимизация их последствий [17], [42].

Принципы законодательства в данной области также предусматривают ответственность за нарушение установленных требований, что стимулирует организации и граждан к соблюдению правил пожарной безопасности [42].

Важным аспектом является то, что он также включает требования к оборудованию и обучению персонала, что способствует повышению уровня безопасности. Соблюдение данного закона позволяет минимизировать риски возникновения пожаров на АЗС и обеспечивает защиту людей и имущества [69].

Нарушение требований пожарной безопасности влечет за собой административную, а в некоторых случаях и уголовную ответственность. По данным МЧС России, нарушения правил пожарной безопасности являются одной из основных причин возникновения пожаров на АЗС [24].

В 2021 году зафиксировано более 150 таких случаев, что подчеркивает необходимость строгого контроля за соблюдением норм.

Практика показывает, что причиной пожара явилось несоблюдение правил пожарной безопасности при сливных операциях [18].

Процесс приема нефтепродуктов на автозаправочных станциях включает несколько строго регламентированных этапов, определяемых нормативными

документами. Операции с топливом должны выполняться согласно утвержденным технологическим схемам и инструкциям. Основные технологические операции на нефтебазах и автозаправочных станциях охватывают прием и отпуск как светлых, так и темных нефтепродуктов [24]. Эти операции предполагают проверку состояния транспортного средства, доставляющего топливо, подключение оборудования для перекачки, контроль уровня топлива в резервуарах, а также соблюдение мер безопасности на каждом этапе процесса.

Соблюдение мер безопасности при приеме топлива является ключевым аспектом предотвращения аварийных ситуаций. Согласно статистике, до 70% инцидентов на АЗС связаны с нарушениями при приеме и хранении топлива. Поэтому важно, чтобы персонал строго следовал установленным инструкциям, использовал защитное оборудование и проверял исправность систем автоматического контроля утечек, установленных на оборудовании для приема топлива [8].

Контроль качества и учета нефтепродуктов осуществляется на всех этапах приема. В этот процесс входит проверка соответствия топлива установленным стандартам, измерение его объема и плотности, а также ведение документации. Применение современных систем автоматического контроля способствует минимизации человеческого фактора и повышению точности учета, что, в свою очередь, снижает риск аварийных ситуаций и потерь.

Выбор мест для хранения нефтепродуктов на автозаправочных станциях играет ключевую роль в обеспечении пожарной безопасности [17]. При обустройстве таких площадок необходимо учитывать рельеф местности, чтобы предотвратить возможное распространение разливов нефтепродуктов. Кроме того, важно оснастить площадки для резервуаров системой отвода и сбора утечек, что является обязательным требованием стандартов. Эти меры способствуют минимизации рисков как экологических, так и пожарных угроз [24].

Резервуары для хранения нефтепродуктов обязаны соответствовать строгим техническим требованиям.

Они должны быть изготовлены из материалов, устойчивых к воздействию нефтепродуктов, и оснащены системами предотвращения утечек и взрывов, такими как дыхательные клапаны и датчики уровня. Эти устройства не только обеспечивают контроль за состоянием резервуаров, но и помогают предотвратить аварийные ситуации.

Важно отметить, что при испарениях нефтепродуктов и проливах топлива в окружающую среду углеводороды будут загрязнять не только воздух и почву, но и оказывать пагубное влияние на людей и на озоновый слой земли [17]. При этом резервуары должны быть защищены от коррозии и воздействия окружающей среды, что способствует увеличению их эксплуатационного срока и снижению риска аварий.

Профилактика пожаров на автозаправочных станциях основывается на строгом соблюдении установленных норм и правил, направленных на предотвращение возникновения потенциально опасных ситуаций. Основные принципы включают безопасное обращение с нефтепродуктами, контроль за состоянием оборудования и инфраструктуры, а также регулярные инспекции. Согласно данным МЧС России, примерно 60% пожаров на АЗС происходит из-за нарушения правил эксплуатации оборудования, что подчеркивает необходимость соблюдения технических регламентов.

Регулирование условий обеспечения пожарной безопасности охватывает несколько ключевых направлений. К ним относится размещение автозаправочных станций на территориях населенных пунктов и соблюдение противопожарных расстояний до объектов на их периферии.

Технические меры безопасности на АЗС включают использование современных систем автоматического пожаротушения, датчиков утечки топлива и других технологий, направленных на минимизацию риска возгорания. Применение таких систем позволяет значительно снизить вероятность распространения огня, что подтверждается статистикой: внедрение автоматического пожаротушения уменьшает риск на 70%. Кроме того, важно

поддерживать оборудование в исправном состоянии и своевременно проводить его техническое обслуживание.

«Перед началом работ по обслуживанию оборудования, а именно резервуары, емкости, трубопроводы и колонки для раздачи топлива, в обязательном порядке очищаются от продуктов нефти и их паров с целью исключения возникновения активного горения при проведении работ с огнём, таких как газовая и электрическая сварка конструкций из металла. Установка установок для хранения взрывоопасных и легковоспламеняющихся углеводородных материалов запрещена, если они не соответствуют технологической системе и техническим требованиям АЗС. При заполнении поверхностных и подземных резервуаров жидкими нефтепродуктами внутренний объем не должен превышать 95%, а сам процесс должен проводиться в закрытой системе. Кроме того, трубопроводы деаэрации резервуаров для хранения моторного топлива должны оставаться незапертыми во время погрузки и разгрузки, и пары нефтепродуктов должны выпускаться только через эти трубопроводы или вентиляционные клапаны топливозаправщиков» [40].

«Заправка мотоциклов, мопедов в обязательном порядке реализуется с заглушенными двигателями не ближе, чем на расстоянии пятнадцати метров от колонок, раздающих топливо. Расстояние в очереди машин к заправке должно быть не меньше, чем один метр, для того чтобы у них была возможность сделать манёвр и оперативно покинуть станцию заправки в случае чрезвычайной обстановки. Грузовые автомашины и любую специальную технику необходимо заправлять только при отсутствии пассажиров в кабинах. В случае разливов нефтепродуктов их следует засыпать песком и удалить с помощью специальных абсорбирующих средств. Кроме того, чистящие средства, загрязненные нефтепродуктами, необходимо помещать в плотно закрывающиеся металлические контейнеры и выносить из помещения в конце каждой рабочей смены» [40].

«Предотвращение образования горных пород при вводе в эксплуатацию достигается продувкой устройств инертным газом или водяным паром. Для

эффективного прогнозирования ситуаций на пожаро- и взрывоопасных объектах рекомендуется использовать зоны с радиусами, соответствующими планировке объекта. Чтобы оценить потенциальные потери от взрывов газовоздушных облаков, важно учитывать 2-10% энергии горения от общей массы выбрасываемой парогазовой смеси. Температура поверхности газового облака не может достигать 1000°C, а тепловое излучение может быть в 1,5 раза выше, чем при типичных пожарах нефтепродуктами. При происхождении разлива и горения под автомобилем перевозимого СУГ воздействие тепловых потоков на емкость стремительно возрастает. В зависимости от того, на сколько заполняется цистерна, угол за 7-12 минут наступает предельно, разрешенная температура для стенок цистерны 6000 °C. Для быстрого распыления пропана на стационарных заправочных станциях можно использовать водяные завесы. Эти водяные завесы бывают двух видов: стационарные, устанавливаемые на заправочных станциях, и создаваемые пожарными машинами с помощью щелевых форсунок и распылителей воды с различным расходом воды, характером распыления и размерами защищаемой зоны. Эти устройства работают при давлении 50-60 МПа, а их общий расход воды зависит от размера резервуаров. Эта система наиболее эффективна при стационарной установке на заправочной станции и поддержании ее в постоянной готовности» [40].

Персонал автозаправочной станции играет ключевую роль в реализации плана действий при пожаре. В первую очередь, сотрудники должны быть обучены правильному использованию средств пожаротушения и знанию маршрутов эвакуации. Эффективное обучение персонала позволяет снизить ущерб от инцидентов на 60% [9]. Кроме того, сотрудники обязаны оперативно оповещать посетителей и координировать их действия в случае эвакуации.

Также важно, чтобы персонал своевременно вызывал пожарные службы и предоставлял им всю необходимую информацию о ситуации. Регулярные тренировки и обучение способствуют повышению уровня готовности персонала к чрезвычайным ситуациям и минимизации последствий возгораний [24].

Резервуары должны быть размещены на безопасном расстоянии от жилых и производственных объектов. Вместе с тем, при проектировании автомобильных заправочных станций обязательным условием является соблюдение следующих требований: размещение АЗС выполняется на участках придорожной полосы, обладающих одним из следующих признаков: возвышение [17].

Системы пожаротушения и сигнализации играют ключевую роль в обеспечении пожарной безопасности на автозаправочных станциях. По данным МЧС России, в 2020 году более 70% пожаров на АЗС были предотвращены благодаря своевременной работе таких систем [24].

Современные системы пожаротушения включают как автоматические, так и ручные устройства, предназначенные для локализации и тушения огня, а также системы раннего обнаружения возгораний. В этом контексте автономный пожарный извещатель – устройство, спасающее жизнь и имущество граждан. Регулярная проверка и обслуживание этих систем необходимы для обеспечения их надежной работы в случае чрезвычайной ситуации.

Для предотвращения аварийных ситуаций на АЗС используется дополнительное оборудование, включая искрогасители и системы аварийного отключения подачи топлива.

Порядок приема, хранения и отпуска нефтепродуктов на АЗС представляет собой комплекс последовательных операций, каждая из которых требует строгого соблюдения правил и норм безопасности. Прием нефтепродуктов осуществляется из автоцистерн с обязательной проверкой соответствия качества поступившего топлива сопроводительным документам и отбором проб для лабораторного анализа. Хранение осуществляется в герметичных резервуарах, оборудованных системами вентиляции и контроля уровня, с целью предотвращения утечек и испарений. Отпуск топлива потребителям производится через топливораздаточные колонки, оснащенные средствами автоматического отключения подачи при достижении заданного объема или возникновении нештатных ситуаций.

При осуществлении этих операций необходимо строго соблюдать требования пожарной безопасности, включая использование искробезопасного оборудования, наличие средств пожаротушения и обучение персонала правилам работы с горючими веществами. Персонал АЗС обязан носить спецодежду и обувь, исключающие возможность образования статического электричества. Запрещается курение, использование открытого огня. Любое нарушение технологического процесса или утечка нефтепродуктов должны быть немедленно устранены, а место происшествия обработано с использованием абсорбирующих материалов.

«При приемке и отпуске нефтепродуктов необходимо помнить:

- если до начала измерения покрытие находилось в плавающем состоянии, а по окончании – на опорных стойках (или наоборот), то поправка на покрытие вносится на тот момент, когда оно находится в плавающем состоянии;
- если до и после измерений покрытие находится в плавающем состоянии или на опорах, поправка на покрытие не вносится» [10].

Этот процесс включает в себя не только проверку соответствия полученной партии заявленным характеристикам, указанным в сопроводительных документах, но и визуальный осмотр на наличие загрязнений, воды или расслоений. Тщательный контроль позволяет предотвратить попадание некачественного топлива в резервуары хранения, что может привести к поломкам оборудования, снижению эффективности работы двигателей и другим негативным последствиям.

При приеме нефтепродуктов по трубопроводу, товарный оператор нефтебазы совместно с оператором АЗС и представителем администрации нефтебазы проводят замеры уровня, температуры нефтепродукта и уровня подтоварной воды в резервуаре АЗС.

После завершения перекачки нефтепродукта, задвижка на трубопроводе, соединяющем нефтебазу и АЗС, пломбируется представителем администрации нефтебазы, а пломбир хранится у руководителя нефтебазы, обеспечивая контроль за целостностью системы [40].

«На сданный по трубопроводу нефтепродукт составляется акт по форме N 15-НП в двух экземплярах, который подписывают товарный оператор, оператор АЗС и представитель администрации нефтебазы. Первый экземпляр акта представляется в бухгалтерию нефтебазы и является основанием для списания нефтепродукта с подотчета материально ответственных лиц нефтебазы, а второй - остается у оператора и прилагается к сменному отчету. При приеме нефтепродуктов, расфасованных в мелкую тару, оператор АЗС пересчитывает количество поступивших мест и проверяет соответствие трафаретов данным, указанным в товарно-транспортной накладной» [10].

Журнал учета нефтепродуктов является важным документом, обеспечивающим прозрачность и контроль за движением горючего. Каждая страница журнала должна быть пронумерована для последовательной фиксации данных, а для предотвращения фальсификаций он скрепляется печатью. Количество листов в журнале обязательно заверяется подписью руководства нефтебазы, комбината или управления [41].

Это включает в себя использование инструкций по учету талонов на нефтепродукты, инструкций по отпуску и оплате нефтепродуктов по кредитным картам, а также инструкций по отпуску нефтепродуктов за наличные деньги индивидуальным владельцам транспортных средств. Соблюдение этих инструкций необходимо для точного учета отпущенного топлива, предотвращения злоупотреблений и обеспечения правильного финансового учета операций на АЗС.

Выводы по разделу 1

В разделе 1 приведены организационные основы работы и обеспечения пожарной безопасности на АЗС, описано состояние системы пожарной безопасности АЗС в целом и для конкретного объекта, приведено описание АЗС, характеристики хранилищ, топливно-раздаточной системы, характеристик системы пожарной безопасности конкретной АЗС.

Определен порядок приема, хранения, отпуска нефтепродуктов на АЗС.

Ведение журнала учета нефтепродуктов на АЗС подразумевает строгое соблюдение правил нумерации страниц, их скрепления печатью для

обеспечения целостности документа. Соблюдение этих процедур минимизирует риски потерь, фальсификаций и обеспечивает точный учет движения нефтепродуктов на всех этапах [20].

Журналы, используемые для регистрации важных аспектов пожарной безопасности на АЗС, подлежат обязательной нумерации страниц. Это обеспечивает целостность документа и исключает возможность несанкционированного изъятия или добавления листов. После нумерации журнал скрепляется печатью, что служит дополнительным подтверждением его подлинности. Важным этапом является заверение количества листов в журнале подписью руководства нефтебазы (комбината, управления). Эта процедура подтверждает, что журнал содержит именно то количество листов, которое заявлено, и не подвергался каким-либо манипуляциям. Все эти меры направлены на обеспечение должного контроля за соблюдением требований пожарной безопасности и повышают ответственность за ведение документации. Система пожарной безопасности АЗС строится на четких организационных основах, определяющих роли и обязанности персонала в предотвращении и ликвидации пожаров. Эти основы включают в себя разработку и утверждение инструкций по пожарной безопасности, проведение регулярных инструктажей и тренировок с персоналом, назначение ответственных за пожарную безопасность лиц, а также организацию системы контроля за соблюдением противопожарных требований.

2 Анализ пожарной обстановки на АЗС

2.1 Оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования

Внутри технологического оборудования автозаправочной станции образование горючей среды происходит вследствие нескольких факторов, связанных с хранением ЛВЖ, ГЖ.

«Наличие горючей среды внутри технологического оборудования, в помещениях или на открытых технологических площадках не является достаточным условием для возникновения горения. Для возникновения горения также необходимо такое условие, как наличие источника зажигания. Под внешним источником зажигания понимается любое нагретое тело, обладающее запасом энергии, температурой и временем воздействия, достаточным для воспламенения горючей среды. Из этого следует, что не каждое нагретое тело способно воспламенить горючую смесь. Источником зажигания может явиться такое нагретое тело (при вынужденном воспламенении) или такой экзотермический процесс (при самовоспламенении), которые способны нагреть некоторый объём горючей среды до определённой температуры, когда скорость тепловыделения (за счёт реакции в горючей смеси) равна или превышает скорость теплоотвода из зоны реакции, при чём мощность и длительность теплового действия источника зажигания должны обеспечивать поддержание критических условий с течением времени, необходимого для развития реакции с формированием фронта пламени, способного к дальнейшему самопроизвольному распространению, то есть источники зажигания должны удовлетворять основным трём условиям» [17].

«При выявлении несоответствия поступивших нефтепродуктов товарно-транспортной накладной, составляется акт на недостачу в трех экземплярах, из которых первый – прилагается к сменному отчету, второй – вручается водителю, доставившему нефтепродукты, а третий остается на АЗС. О недостаче нефтепродукта делается соответствующая отметка на всех

экземплярах товарно-транспортной накладной. Объем нефтепродуктов, принятых по трубопроводу, товарный оператор нефтебазы и оператор АЗС определяют в присутствии представителя администрации нефтебазы измерением уровня, температуры до перекачки нефтепродукта и после нее, а также уровень подтоварной воды в резервуаре АЗС. По окончании перекачки нефтепродукта задвижку на трубопроводе от предприятия до АЗС пломбирует представитель администрации предприятия, пломбир хранится у руководителя предприятия. Нефтепродукты, расфасованные в мелкую тару, должны транспортироваться в упаковке. При приеме нефтепродуктов, расфасованных в мелкую тару, оператор проверяет число поступивших мест и соответствие трафаретов данным, указанным в товарно-транспортной накладной. Количество принятых и проданных на АЗС расфасованных нефтепродуктов фиксируется в книге учета движения расфасованных нефтепродуктов, фильтров, запасных частей. Отработанные нефтепродукты принимаются на АЗС без анализа. Слитые из картера двигателя непосредственно на станции отработанные масла принимаются как моторные, все прочие нефтепродукты – как смешанные. АЗС, которые принимают отработанные нефтепродукты, должны быть оборудованы эстакадой, сборником и оснащены измерительными приспособлениями для определения объема и массы принимаемых нефтепродуктов [17]»

«При планировании пожарной безопасности используют прогнозирование обстановки при возгорании. Данный способ помогает рассчитать примерный расход сил и средств, необходимый для ликвидации возгорания, а также внести коррективы в правила безопасности и выбрать оптимальную тактику борьбы с огнем. Для прогноза обстановки могут понадобиться следующие исходные данные:

- интенсивность конденсации топлива;
- возможность образования взрывоопасных скоплений газов и их величины;
- площадь распространения топлива в случае появления утечки;
- ударная волна при взрыве, ее сила и опасные факторы;

– влияние возгорания или взрыва на ближайшие строения и людей» [37].

Ключевыми среди них являются концентрационные пределы распространения пламени паров топлива, определяющие диапазон концентраций, в котором возможно горение и взрыв. Также критически важно знать количество взрывоопасных паров топлива, присутствующих в воздухе, поскольку превышение нижнего предела создает непосредственную угрозу.

Режим выполнения технологических операций по выбросу топлива из оборудования, таких как заправка резервуаров или слив топлива из автоцистерн, непосредственно влияет на концентрацию паров в окружающем пространстве и, следовательно, на вероятность образования взрывоопасной смеси.

Наконец, конструктивные особенности АЗС, включая вентиляцию, наличие герметичных соединений и системы сбора проливов топлива, играют важную роль в минимизации рисков.

Горение в резервуарах может сопровождаться вскипанием и выбросами при прогреве более 100 °С [35].

В зависимости от причин образования горючих смесей, рассмотренных выше, предложим эффективные методы тушения.

Необходимо детально рассмотреть генератор пены высокой кратности, поскольку

Только при совокупности этих методов на различных стадиях тушения, возможно эффективное и безопасное функционирование объекта рассматриваемой АЗС.

Мероприятия по внедрению генератора пены высокой кратности (ГПС-2000):

- предусмотреть оснащение подразделений, в чьем районе выезда расположен объект возможного пожара генераторами пены (ГПС-2000), по количеству 2 единиц на основном пожарной автомобиле;
- предусмотреть необходимый запас пенообразователя с учетом наихудшего варианта развития пожара на объекте АЗС, где особо применим способ объемного тушения;

- необходимо предусмотреть резервные источники противопожарного водоснабжения для осуществления подачи воды (которая необходима для смешивания пенообразователя), поскольку на крупных пожарах имеющиеся источники наружного противопожарного водоснабжения могут попасть в зону непосредственного теплового воздействия;
- при больших расстояниях (от 2 до 3 км) целесообразно обеспечивать подачу огнетушащего вещества подвозом или комбинированным способом (наполнение промежуточной емкости (любого пригодного для этих целей резервуара) с последующим отбором из нее огнетушащего вещества и доставкой его способом подвоза;
- назначить начальника боевого участка по подготовке и проведению пенной атаки из числа наиболее опытных лиц начальствующего состава пожарной охраны;
- сосредоточить на месте пожара расчётное количество сил и средств, запас пенообразователя и воды принимается трёхкратным при расчётном времени тушения 15 минут;
- собрать схему подачи пены, стрела пеноподъёмника с пеногенераторами должна находиться выше стенки резервуара не менее чем на 0,5 м;
- провести тщательную проверку собранной схемы подачи пены, опробовать работу техники;
- объявить по громкоговорящему устройству и продублировать по радиосвязи о начале и прекращении пенной атаки. Все сигналы на месте пожара должны отличаться от сигнала на эвакуацию.

Внедрение генератора пены средней кратности ГПС-2000 может привести к значительному повышению эффективности пожаротушения, особенно при ликвидации возгораний горючих жидкостей и твердых материалов. Благодаря высокой производительности и созданию большого объема пены, ГПС-2000 позволяет быстро изолировать очаг пожара от кислорода, предотвращая его дальнейшее распространение. Это, в свою очередь, сокращает время тушения и снижает ущерб от огня и задымления [29].

Кроме того, использование ГПС-2000 способствует повышению безопасности пожарных, так как пена позволяет им работать на более безопасном расстоянии от очага пожара. Снижение интенсивности горения и охлаждение горящих поверхностей также уменьшают риск повторного возгорания. В конечном итоге, внедрение такого генератора пены может привести к снижению числа пожаров и связанных с ними убытков, а также к повышению общей противопожарной безопасности объекта или территории.

При тушении пожара на АЗС существует крайняя необходимость проводить тепловизионный контроль горящих и рядом расположенных резервуаров, для замера температуры нефтепродуктов при помощи тепловизоров, в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Также БПЛА используются для определения количества поврежденных участков в РВС и размеры повреждений РВС.

Особое внимание необходимо уделить тепловизионному контролю трубопроводных сетей предназначенных для перекачки нефтепродуктов, с целью определения возможных новых очагов пожара и своевременного их охлаждения для недопущения деформации труб и возможного взрыва.

Для проведения тепловизионного контроля при помощи тепловизора необходимо осуществлять замеры по всему периметру резервуара для определения максимальной температуры прогретой жидкости.

Для проведения разведки при помощи БПЛА необходимо заблаговременно согласование использования воздушного пространства с представителями министерства обороны. При получении сигналов об

опасности необходимо действовать строго в соответствии с поступающими командами от министерства обороны [29].

Для разведки пожара необходимо использовать БПЛА с устойчивым сигналом управления в условиях воздействия средств радиоэлектронной борьбы (или спуфинга), в отсутствии таковых предусмотреть возможность применения БПЛА министерства обороны.

С целью недопущения паники среди участников тушения пожара при использовании БПЛА необходимо заранее оповестить участников тушения пожара и представителей министерства обороны о применении БПЛА. На применяемом БПЛА в обязательном порядке включить ходовые огни (при наличии). Подлет к горящим резервуаром необходимо осуществлять перпендикулярно направлению ветра. Облет горящего резервуара необходимо проводить, избегая высоких тепловых потоков, и плотного задымления, соблюдая безопасное расстояние и высоту.

При разведке при помощи БПЛА необходимо обратить особое внимание на скрытые элементы технологических установок, с целью определения скрытых очагов и нагретых конструктивных элементов.

2.2 Оценка возможности образования горючей среды при выходе веществ наружу из технологического оборудования, образующееся при штатном режиме функционировании технологического процесса

Оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования на автозаправочных станциях является важной задачей для обеспечения безопасности и предотвращения аварийных ситуаций [10].

«Применяемые на АЗС аппараты и трубопроводы с пожаровзрывоопасными жидкостями при определенных условиях могут явиться местом возникновения пожара или взрыва. Для выявления возможности возникновения горения внутри технологического оборудования необходимо, прежде всего, оценить возможность образования в нем горючей

среды. Под горючей средой понимается смесь горючего вещества с окислителем в таких соотношениях, при которых возможно возникновение и дальнейшее развитие горения. В нашем случае горючие вещества являются легковоспламеняющимися и горючими жидкостями» [17].

«Для оценки возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования необходимо знать основные режимные параметры (рабочую температуру, давление, концентрацию, наличие свободного объема над зеркалом жидкости. В закрытых аппаратах с жидкостями горючая среда может образовываться только в том случае, когда над зеркалом жидкости имеется свободный объем. При этом жидкость будет испаряться, и ее пары постепенно распределяться в свободном пространстве. Если в свободном объеме аппарата имеется воздух или любой другой окислитель, то пары жидкости, смешиваясь с ним, могут образовывать горючую среду» [17].

«При эксплуатации технологического оборудования, в котором обращаются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, возможно образование горючей среды при выходе этих веществ наружу. Причем выход веществ может проходить как из нормально работающего технологического оборудования, так и при его повреждении. Это может происходить при наполнении подземных резервуаров нефтепродуктами, а также при заправке автотранспортных средств на топливораздаточных колонках. При сливе бензина из АЦ в подземные емкости взрывоопасные концентрации могут создаваться в цистерне бензовоза и на площадке АЗС, около дыхательных клапанов. Оценим возможность их образования в самое опасное время – летнее. В летний, наиболее жаркий период года, бензин в цистерне бензовоза во время его движения в дневное время за счет солнечной радиации может нагреться до 30 °С и более, а сама цистерна (ее верхняя часть) до +35 - 40 0С и более [10]. Концентрация паров бензина в цистерне бензовоза при его температуре 30 °С будет насыщенной, так как при движении бензовоза происходит взбалтывание, перемешивание» [17].

2.3 Оценка размеров зон взрывоопасных концентраций, при поступлении горючих газов и паров в открытое пространство

«Бензин, нагретый до 30 °С, сливается из цистерны в подземную емкость, температура жидкости, в которой в летнее время обычно не превышает 15 °С. Концентрация паров в емкости в начале слива будет насыщенной и примерно равна $\phi_s=11,8\%$, что гораздо выше $\phi_{ВРПР} = 5,48\%$ об и будет являться негорючей, то есть взрыва в подземной емкости с бензином при его температуре 15 °С и выше произойти не может, даже при наличии источника зажигания. Опасная ситуация может создаваться в летнее время на площадке, около дыхательных клапанов резервуаров, в которые производится слив бензина из бензовоза при небольших скоростях ветра (0-1 м/с). Техноэксплуатационной документацией проекта АЗС предусматривается расположение дыхательных клапанов, через которые будет производиться выброс паров на высоте не менее 4,5 м. Этим создаются хорошие условия для рассеивания паров бензина в окружающую атмосферу, но при отсутствии ветра паровоздушная смесь оседает на территорию АЗС» [17].

Важно отметить, что при испарениях нефтепродуктов и проливах топлива в окружающую среду углеводороды будут загрязнять не только воздух и почву, но и оказывать пагубное влияние на людей и на озоновый слой земли [17]. При этом резервуары должны быть защищены от коррозии и воздействия окружающей среды, что способствует увеличению их эксплуатационного срока и снижению риска аварий.

Профилактика пожаров на автозаправочных станциях основывается на строгом соблюдении установленных норм и правил, направленных на предотвращение возникновения потенциально опасных ситуаций. Основные принципы включают безопасное обращение с нефтепродуктами, контроль за состоянием оборудования и инфраструктуры, а также регулярные инспекции. Согласно данным МЧС России, примерно 60% пожаров на АЗС происходит из-

за нарушения правил эксплуатации оборудования, что подчеркивает необходимость соблюдения технических регламентов.

Регулирование условий обеспечения пожарной безопасности охватывает несколько ключевых направлений. К ним относится размещение автозаправочных станций на территориях населенных пунктов и соблюдение противопожарных расстояний до объектов на их периферии.

Технические меры безопасности на АЗС включают использование современных систем автоматического пожаротушения, датчиков утечки топлива и других технологий, направленных на минимизацию риска возгорания. Применение таких систем позволяет значительно снизить вероятность распространения огня, что подтверждается статистикой: внедрение автоматического пожаротушения уменьшает риск на 70%. Кроме того, важно поддерживать оборудование в исправном состоянии и своевременно проводить его техническое обслуживание.

«Перед началом работ по обслуживанию оборудования, а именно резервуары, емкости, трубопроводы и колонки для раздачи топлива, в обязательном порядке очищаются от продуктов нефти и их паров с целью исключения возникновения активного горения при проведении работ с огнём, таких как газовая и электрическая сварка конструкций из металла. Установка установок для хранения взрывоопасных и легковоспламеняющихся углеводородных материалов запрещена, если они не соответствуют технологической системе и техническим требованиям АЗС. При заполнении поверхностных и подземных резервуаров жидкими нефтепродуктами внутренний объем не должен превышать 95%, а сам процесс должен проводиться в закрытой системе. Кроме того, трубопроводы деаэрации резервуаров для хранения моторного топлива должны оставаться незапертыми во время погрузки и разгрузки, и пары нефтепродуктов должны выпускаться только через эти трубопроводы или вентиляционные клапаны топливозаправщиков» [40].

«Заправка мотоциклов, мопедов в обязательном порядке реализуется с

заглушенными двигателями не ближе, чем на расстоянии пятнадцати метров от колонок, раздающих топливо. Расстояние в очереди машин к заправке должно быть не меньше, чем один метр, для того чтобы у них была возможность сделать манёвр и оперативно покинуть станцию заправки в случае чрезвычайной обстановки. Грузовые автомашины и любую специальную технику необходимо заправлять только при отсутствии пассажиров в кабинах. В случае разливов нефтепродуктов их следует засыпать песком и удалить с помощью специальных абсорбирующих средств. Кроме того, чистящие средства, загрязненные нефтепродуктами, необходимо помещать в плотно закрывающиеся металлические контейнеры и выносить из помещения в конце каждой рабочей смены» [40].

«При оценке пожарной опасности технологического процесса необходимо определить расчетным или экспериментальным путем:

- избыточное давление, развиваемое при сгорании газо-, паро- и пылевоздушных смесей в помещении;
- размер зон, ограниченных нижним концентрационным пределом распространения пламени газов и паров;
- интенсивность теплового излучения при пожарах проливов для сопоставления с критическими (предельно допустимыми) значениями интенсивности теплового потока для человека и конструкционных материалов;
- размеры зоны распространения облака горючих газов и паров при аварии для определения оптимальной расстановки людей и техники при тушении пожара и расчета времени достижения облаком мест их расположения;
- возможность возникновения и поражающее воздействие огненного шара при аварии для расчета радиусов зон поражения людей от теплового воздействия в зависимости от вида и массы топлива;
- параметры волны давления при сгорании газо-, паро- и

- пылевоздушных смесей в открытом пространстве;
- поражающие факторы при разрыве технологического оборудования вследствие воздействия на него очага пожара;
 - интенсивность испарения горючих жидкостей и сжиженных газов на открытом пространстве и в помещении;
 - параметры истечения жидкости и газа, а также размер сливных отверстий для горючих жидкостей в поддонах, отсеках и секциях производственных участков;
 - параметры паровых завес для предотвращения контакта парогазовых смесей с источниками зажигания;
 - концентрационные пределы распространения пламени для горючих смесей, находящихся в технологических аппаратах и оборудовании, допускается рассчитывать концентрационные пределы;
 - другие показатели пожаровзрывоопасности технологического процесса, необходимые для анализа их опасности» [25].

Произведем расчет образования горючей среды при выходе веществ наружу при наливе в подземные емкости и зоны взрывоопасной загазованности.

Расчет по ГСМ – бензину «АИ-92»:

Определение количества выходящих паров из емкости с ГСМ – бензином.

$$G_6 = V_H \times \frac{P_p}{T_p} \times \varphi_s \times \frac{M}{8314,31} \quad (1)$$

$$G_6 = 8 \times \frac{1000}{12 + 273} \times 0,1119 \times \frac{98}{8314,31} = 3,12 \text{ кг/цикл}$$

где V_H – объем резервуара, м³;

$V_H = 12 \text{ м}^3$ объем цистерны в бензовозе;

P_p – рабочее давление технологического вещества, Па, $P_p = P_0 = 1 \cdot 10^5$ Па;

T_p – рабочая температура в резервуаре (емкости);

φ_s – концентрация насыщенного пара.

Далее определим давление насыщенного пара бензина:

$$P_{\text{НП}} = \exp \left[\frac{7,8 + 0,42 \times (t_p - 0,94 \times t_{\text{всп}} + 2,031)}{1021,1 + 7,51 \times t_{\text{всп}}} \right] \quad (2)$$

$t_{\text{всп}}$ – температура вспышки.

$$P_{\text{НП}} = \exp \left[\frac{7,8 + 0,42 \times (t_p - 0,94 \times (-37) + 2,031)}{1021,1 + 7,51 \times (-37)} \right] = 11,818 \text{ кПа}$$

Далее определяем объем взрывоопасной зоны:

$$V_{\text{вз}} = \frac{G_{\text{б}} \times K_{\text{б}}}{\varphi_{\text{н}}} \quad (3)$$

где $K_{\text{б}}$ – коэффициент безопасности, $K_{\text{б}} = 2$;

$\varphi_{\text{н}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, кг/м^3 , (принимая 0,95%).

Далее проведем пересчет с учетом $\varphi_{\text{н}}$.

$$\varphi_{\text{н}} = \frac{M \times \varphi}{V_t \times 100} \quad (4)$$

$$\varphi_H = \frac{98,2 \times 0,95}{23,5 \times 100} = 0,0455 \text{ кг/м}^3$$

Размер зоны ограничивающей область концентрации превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПР) охрана для паров ЛВЖ вычисляют.

$$R_{\text{НКПР}} = 3,14 \times \sqrt{0,62} \times \left(\frac{12,56}{1,23}\right)^{0,813} \times \left(\frac{23,102}{4,15 \times 11,23}\right)^{0,3} = 12,8 \text{ м} \quad (5)$$

$$p_p = \frac{M}{(1 + 0,00325 \times t_p) \times V_p} = 12,8 \text{ м} \quad (6)$$

$$p_p = \frac{98,2}{(1 + 0,00325 \times 15) \times 22,12} = 4,15 \text{ кг/м}^3$$

Кратковременное открытие горловины автоцистерны для контроля заполнения не представляет значительной угрозы, поскольку быстро рассеивающиеся пары бензина не достигают опасной концентрации [3]. Однако, ситуация меняется при сливе бензина.

«Воздух, поступающий в цистерну через дыхательный клапан, смешивается с парами топлива, создавая взрывоопасную смесь. Бензовоз покидает АЗС с такой смесью в цистерне. Несмотря на это, при сливе нагретого (30°C) бензина в более холодную (15 °C) подземную емкость, концентрация паров в начале процесса становится насыщенной (11,8 %), что превышает верхний предел взрывоопасности (5,48 %) и делает смесь негорючей, исключая взрыв внутри емкости, даже при наличии источника воспламенения. Наиболее опасная ситуация может возникнуть летом на площадке вокруг дыхательных клапанов резервуаров при медленном сливе бензина и слабом ветре (0-1 м/с). Хотя проектное расположение дыхательных клапанов на высоте не менее 4,5 метров способствует рассеиванию паров,

при отсутствии ветра возможно оседание паровоздушной смеси на территории АЗС, создавая риск вспышки» [17].

Выбор параметров, необходимых для оценки пожарной опасности технологических процессов, осуществляется на основе анализа специфики их пожарной опасности. Радиус $R_{\text{НКПР}}$ (м) и высота $Z_{\text{НКПР}}$ (м) зоны, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени, при неподвижной воздушной среде определяется для горючих газов

$$R_{\text{НКПР}} = 7,8 \times \left(\frac{m_{\Gamma}}{p_{\Gamma} \times C_{\text{НКПР}}} \right), \quad (7)$$

$$R_{\text{НКПР}} = 7,8 \times \left(\frac{1,25}{1,0002 \times 0,254} \right) = 3,24$$

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,26 \times \left(\frac{1,25}{1,002 \times 0,254} \right) = 2,21 \quad (8)$$

для паров ЛВЖ

$$R_{\text{НКПР}} = 7,8 \times \left(\frac{1,25}{1,002 \times 0,254} \right) = 2,21 \quad (9)$$

где m_{Γ} – масса ГГ, поступившего в открытое пространство при пожароопасной ситуации, кг;

ρ_{Γ} – плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;

$m_{\text{п}}$ – масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время испарения, кг;

$\rho_{\text{п}}$ – плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа;

$C_{\text{НКПР}}$ – нижний предел распространения пламени ГГ или паров, % об.

За начало отсчета горизонтального размера зоны принимают геометрический центр пролива, а в случае, если $R_{\text{НКПР}}$ меньше габаритных размеров пролива, - внешние габаритные размеры пролива.

При необходимости может быть учтено влияние различных метеорологических условий на размеры взрывоопасных зон.

«В случае образования паровоздушной смеси в незагроможденном технологическом оборудовании пространстве и его зажигании относительно слабым источником (например, искрой) сгорание этой смеси происходит, как правило, с небольшими видимыми скоростями пламени. При этом амплитуды волны давления малы и могут не приниматься во внимание при оценке поражающего воздействия. В этом случае реализуется так называемый пожар-вспышка, при котором зона поражения высокотемпературными продуктами сгорания паровоздушной смеси практически совпадает с максимальным размером облака продуктов сгорания (т.е. поражаются в основном объекты, попадающие в это облако). Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания паровоздушного облака при пожаре-вспышке R_F определяется формулой» [25].

$$R_F = 1,2 \times R_{\text{НКПР}} \quad (10)$$

где $R_{\text{НКПР}}$ – горизонтальный размер взрывоопасной зоны.

$$R_F = 1,2 \times 0,25 = 0,3 \text{ м}$$

«Оценка возможности образования горючей среды при выходе веществ наружу из технологического оборудования, образующегося при штатном режиме функционирования технологического процесса, является важной темой в области безопасности и охраны труда» [18].

Эта оценка ($R_F = 0,3 \text{ м}$) позволяет определить области, где концентрация горючих веществ в воздухе может достигать взрывоопасных

пределов, что необходимо для разработки эффективных мер по предотвращению взрывов и пожаров.

Процесс включает в себя анализ различных факторов, таких как интенсивность утечки, физико-химические свойства горючих веществ (давление паров, температура кипения, нижний и верхний пределы взрываемости), скорость испарения, метеорологические условия (скорость и направление ветра, температура воздуха), рельеф местности и наличие препятствий. Для проведения оценки используются различные методы, включая нормативные документы, инженерные расчеты, математическое моделирование и, при необходимости, экспериментальные исследования. Результаты оценки размеров взрывоопасных зон используются для выбора соответствующего взрывозащищенного оборудования, определения безопасных расстояний, разработки планов эвакуации и обучения персонала.

Выводы по разделу 2

Оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования на АЗС является критически важным аспектом обеспечения безопасности. Выбран объект ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63.

АЗС служит для приёма, хранения, выдачи ГСМ. Выдачу и прием железнодорожных цистерн, и автомобильных цистерн.

Учитываются факторы, влияющие на концентрацию паров, такие как температура топлива, давление паров, скорость испарения и интенсивность вентиляции.

Особое внимание уделяется обнаружению потенциальных источников воспламенения, включая искры от электрооборудования, статическое электричество и нагретые поверхности. На основе этих данных определяется необходимость применения мер защиты от взрыва, таких как использование взрывозащищенного оборудования, систем инертного газа и других технических решений, направленных на предотвращение образования горючей среды или минимизацию последствий взрыва.

Анализ операций с бензовозом на АЗС выявляет потенциальные, хотя и ограниченные, риски взрывоопасности. Кратковременное открытие горловины автоцистерны для контроля заполнения не представляет значительной угрозы, поскольку быстро рассеивающиеся пары бензина не достигают опасной концентрации. Однако, ситуация меняется при сливе бензина.

«Воздух, поступающий в цистерну через дыхательный клапан, смешивается с парами топлива, создавая взрывоопасную смесь. Бензовоз покидает АЗС с такой смесью в цистерне. Несмотря на это, при сливе нагретого (30 °С) бензина в более холодную (15 °С) подземную емкость, концентрация паров в начале процесса становится насыщенной (11,8 %), что превышает верхний предел взрывоопасности (5,48 %) и делает смесь негорючей, исключая взрыв внутри емкости, даже при наличии источника воспламенения. Наиболее опасная ситуация может возникнуть летом на площадке вокруг дыхательных клапанов резервуаров при медленном сливе бензина и слабом ветре (0-1 м/с). Оценка возможности образования горючей среды при выходе веществ наружу из технологического оборудования, образующегося при штатном режиме функционирования технологического процесса» [17].

Оценка возможности образования горючей является важной темой в области безопасности и охраны труда ($R_F=0,3$ м) позволяет определить области, где концентрация горючих веществ в воздухе может достигать взрывоопасных пределов, что необходимо для разработки эффективных мер по предотвращению взрывов и пожаров».

Процесс включает в себя анализ различных факторов, таких как интенсивность утечки, физико-химические свойства горючих веществ (давление паров, температура кипения, нижний и верхний пределы взрываемости), скорость испарения, метеорологические условия (скорость и направление ветра, температура воздуха), рельеф местности и наличие препятствий.

3 Система тушения пожаров на объектах АЗС

3.1 Расчет параметров современных средств и установок пожаротушения

Проведем расчет установки автоматического пожаротушения при перекачке бензина. Помещение насосной станции по перекачке бензина, должно быть оборудовано АУПТ и АПС.

«По классу пожара выбираем для тушения водопенный состав, тип и параметры установки пожаротушения выбираем в соответствии с нормативными требованиями. В помещение насосной станции проектом предусматривается пожаротушение пеной средней кратности, подача пены осуществляется через 12 генераторов ГПС-200» [26].

Далее приведем причины обоснования применения генератора высокократной пены по сравнению с другими средствами тушения (для рассматриваемой АЗС) [17], [25], [40]

Применение генератора высокократной пены на АЗС предоставляет значительные преимущества по сравнению с другими средствами тушения горючих жидкостей [36].

Во-вторых, пена высокой кратности обладает низкой плотностью и способна эффективно заполнять пространство, окружающее объекты на АЗС, включая оборудование, автомобили и даже помещения, что обеспечивает трехмерное тушение. Это особенно ценно для тушения труднодоступных областей или мест с перекрытиями.

В-третьих, в отличие от водяных струй или порошковых огнетушителей, пена не разбрызгивает горящее топливо, минимизируя риск распространения пожара на близлежащие объекты. Кроме того, пена образует изолирующий слой, препятствующий испарению топлива и повторному возгоранию.

Наконец, ущерб от пены, в отличие от воды, значительно меньше, что снижает затраты на восстановление после тушения пожара. Все эти факторы делают генератор высокократной пены наиболее эффективным и безопасным средством тушения пожаров на АЗС, обеспечивая быстрое подавление огня с минимальными последствиями для людей и имущества.

«Определяем расчетный объем V , защищаемого помещения, объем помещения определяется произведением площади пола на высоту заполнения помещения пеной, в нашем случае принимаем полную высоту помещения.

$$V_{\text{пом.}} = S_{\text{п.}} \times h_{\text{пом}} \quad (11)$$

$$V_{\text{пом.}} = 18 \times 3 = 51 \text{ м}^3$$

Выбор генератора высокократной пены – важный этап при создании систем пожаротушения, особенно для помещений АЗС.

Ключевые факторы, которые необходимо учитывать при выборе, включают в себя требуемую кратность пены (отношение объема пены к объему раствора), производительность по пене ($\text{м}^3/\text{мин}$), дальность подачи пены, а также условия эксплуатации, такие как температура окружающей среды и наличие взрывоопасной среды.

Помимо этого, необходимо учитывать тип используемого пенообразователя и его совместимость с выбранным генератором.

Корректный выбор ГВП обеспечит эффективное и быстрое подавление пожара, минимизируя ущерб.

Генератор высокочастотной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ – это специализированное устройство, предназначенное для создания значительных объемов высокочастотной пены, используемой в различных областях, включая тушение пожаров, создание защитных барьеров и выполнение других технических задач. Генератор высокочастотной пены является эффективным инструментом для быстрого и безопасного тушения пожаров, особенно в замкнутых и труднодоступных пространствах [20].

Его применение обосновано необходимостью оперативного создания большого объема пены с высокой кратностью (обычно от 100 до 1000), что позволяет быстро заполнить помещение, вытеснить кислород и охладить горящие поверхности. В отличие от традиционных методов пожаротушения водой, пена минимизирует ущерб от пролива воды, что особенно важно в помещениях с ценным оборудованием или документацией. Благодаря своей мобильности и относительно небольшим габаритам, генератор легко транспортируется и разворачивается, обеспечивая быстрое реагирование на пожарную ситуацию.

Эффективность использования этого генератора особенно высока при тушении пожаров класса А (твердые горючие вещества) и В (горючие жидкости), а также для предотвращения повторного пожара.

Высокочастотная пена представляет собой эффективное средство для тушения пожаров на автозаправочных станциях благодаря своей способности быстро покрывать большие площади и изолировать горючие жидкости от кислорода.

Применение высокократной пены позволяет не только подавить пламя, но и предотвратить повторное возгорание, создавая плотный и устойчивый слой, препятствующий испарению топлива.

Это особенно важно на АЗС, где присутствуют легковоспламеняющиеся вещества в больших объемах. Кроме того, за счет своей высокой кратности, пена значительно снижает концентрацию кислорода в зоне горения, что способствует быстрому прекращению пожара и минимизирует ущерб.

При выборе высокократной пены для АЗС необходимо учитывать её совместимость с используемыми типами топлива и требования экологической безопасности.

Он отличается высокой производительностью и надежностью, позволяя быстро заполнять большие пространства пеной с кратностью, значительно превышающей обычную. Конструкция генератора обеспечивает стабильное качество пены и ее равномерное распределение, что критически важно для эффективного применения.

Благодаря своей универсальности, ГВП-200 «Прогресс» ФУ широко востребован в промышленности, строительстве и аварийно-спасательных службах, где требуется оперативное создание больших объемов пены для решения разнообразных задач.

«Выбираем генератор высокократной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ по ТУ 4854-007-54883547-07, производительность генератора по раствору пенообразователя при рабочем давлении 0,6 МПа, $q_p \geq 200 \text{ дм}^3/\text{мин}$ (200 л/мин или 3,3 л/с), производительность по пене $q_{п} = 1320 \text{ дм}^3/\text{с}$, кратность пены не менее 400 при концентрации ПО 6%» [26].

Определим расчетное количество n генераторов высокократной пены:

(12)

$$n = \frac{a_v \times 1200 \times 103}{q_p \times 10 \times K} = \frac{2,16 \times 1200 \times 103}{200 \times 10 \times 400} = 4,26$$

«а – коэффициент разрушения пены;

τ – максимальное время заполнения пеной объема защищаемого помещения, мин;

К – кратность пены» [26].

Значение коэффициента:

$$a = K_1 \times K_2 \times K_3 = 1,2 \times 1,2 \times 1,5 = 2,16 \quad (13)$$

«где K1 – коэффициент, учитывающий усадку пены, принимается равным 1,2 при высоте помещения до 4 м;

K2 – учитывает утечки пены, при отсутствии открытых проемов принимается равным 1,2;

K3 – учитывает влияние дымовых газов на разрушение пены, для учета влияния продуктов горения углеводородных жидкостей значение коэффициента принимается равным 1,5» [26].

Установка объемной концентрации пенообразователя в растворе является ключевым этапом в подготовке рабочих растворов, используемых для тушения пожаров или в технологических процессах, где важны пенообразующие свойства жидкости. Этот процесс требует точности и соблюдения технологических регламентов, поскольку отклонение от заданной концентрации может существенно повлиять на качество пены - её стойкость, кратность и огнетушащую способность.

Максимальное время заполнения пеной объема защищаемого помещения принимается не более 10 мин. Принимаем 5 генераторов высокократной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ. Определим производительность системы по раствору пенообразователя:

$$Q = \frac{n \times q_p}{60 \times 103} = 0.012 \text{ м}^3/\text{с} \quad (14)$$

Обычно, объемную концентрацию выражают в процентах, и для её достижения используют специальные дозаторы или аккуратно смешивают пенообразователь с водой, тщательно перемешивая раствор для обеспечения однородности. Важно учитывать температуру воды и пенообразователя, так как она может влиять на вязкость и, следовательно, на точность дозирования. Правильно установленная объемная концентрация гарантирует эффективность применения пенообразователя и безопасность его использования.

По технической документации устанавливаем объемную концентрацию пенообразователя в растворе с, равную 6%.

Определяем расчетное количество пенообразователя:

$$V_{\text{пен}} = c \times Q \times \tau \times 10^{-2} \times 60 \times V_{\text{пен}} = 6 \times 0,012 \times 10 \times 10^{-2} \times 60 \quad (15)$$

$$V_{\text{пен}} = 4,285 \text{ м}^3$$

Из расчета видно, что требуемое количество пенообразователя для тушения насосной составит 12,855 м³ с учетом трехкратного запаса.

Таким образом, точное количество пенообразователя, необходимое для тушения пожара на автозаправочной станции насосного типа, зависит от

размера и конфигурации АЗС (площадь 18 м²), тип и количество горючих материалов, применяемую систему пожаротушения, а также тип используемого пенообразователя.

Необходимо иметь достаточный запас пенообразователя для создания устойчивого пенного слоя достаточной толщины, чтобы перекрыть доступ кислорода к горящему веществу и охладить поверхность.

Важно учесть, что для эффективного тушения была подобрана концентрация пенообразователя, его тип (синтетический), а также использовать соответствующее оборудование для его подачи и смешивания с водой. Пренебрежение этими факторами может привести к неэффективному пожаротушению и увеличению потенциального ущерба.

Экономическая эффективность обусловлена рядом факторов.

Во-первых, пена высокой кратности позволяет значительно сократить расход огнетушащего вещества (пенообразователя), так как она эффективно изолирует очаг возгорания от кислорода, используя меньшее количество раствора по сравнению с водой или пеной низкой кратности.

Это приводит к снижению затрат на приобретение и хранение пенообразователя.

Во-вторых, применение пены средней кратности позволяет минимизировать ущерб от последствий тушения пожара. Эта пена оказывает меньшее воздействие на защищаемые материалы и оборудование, чем вода или пена низкой кратности, что сокращает затраты на восстановительные работы и замену поврежденного имущества. Кроме того, пена средней кратности легко удаляется после тушения, что упрощает и ускоряет процесс очистки территории.

В-третьих, использование пеногенератора повышает безопасность персонала, участвующего в тушении пожара. Пена, образующаяся при их работе, обладает хорошей адгезией и не оседает быстро, обеспечивая

устойчивое покрытие очага возгорания и снижая риск повторного воспламенения. Это позволяет пожарным действовать более эффективно и безопасно, сокращая время тушения и снижая вероятность получения травм.

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

План финансового обеспечения мероприятия представлен в таблице 3.

Таблица 3 – План финансового обеспечения мероприятия

Наименование мероприятия	Основание	Стоимость, руб.	Срок реализации	Ответственный
Генератор высокочастотной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ	План мероприятий по улучшению условий труда на 2025-2026г.	667 000	4 кв. 2025	Главный инженер

Смета расходов на мероприятие представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Смета расходов на мероприятие

Наименование стоимости	Наименование рабочей зоны		Итого
	Генератор высокочастотной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ	Оборудование смешивания ГВП-200 «Прогресс» ФУ	
Стоимость оборудования, руб.	153000	265000	418000
Стоимость проектирования, руб.	54000	80000	134000
Стоимость монтажных работ, руб.	26000	39000	65000
Итоговая стоимость оснащения, руб.	233000	384000	617000

«Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности определяется как социальными (оценивает соответствие фактического положения установленному социальному нормативу), так и экономическими (оценивает достигаемый экономический результат) показателями» [30].

«Приведение выполняется умножением значений затрат и результатов предотвращенных потерь соответствующего года на коэффициент дисконтирования»:

$$\alpha t = (1 + E)^{t_p} - 1 \quad (16)$$

$$\alpha t = (1 + 0,1)^1 - 1 = 0,1$$

«где E – норматив приведения разновременных затрат и результатов, численно равный нормативу эффективности капитальных вложений ($E = E_{\text{н}} = 0,1$);

t_p – расчетный год;

t – год, затраты и результаты которого приводятся к расчетному году» [30].

«Экономический эффект затрат на обеспечение пожарной безопасности определяется по результатам эксплуатации за расчетный период» [30].

«Экономический эффект за расчетный период независимо от направленности мероприятия по обеспечению пожарной безопасности (разработка, производство и использование новых, совершенствование существующих элементов систем и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности)» [30]:

$$\mathcal{E}_T = \Pi_{\text{пр}T} - \mathcal{Z}_T = 65256600 - 617000 = 64639600 \text{ рублей} \quad (17)$$

« $\mathcal{E}_T$ – экономический эффект реализации мероприятия по обеспечению пожарной безопасности за расчетный период (T);

$\Pi_{\text{прТ}}$ – стоимостная оценка предотвращения потерь соответственно за расчетный период (T) и в году (t) расчетного периода;

$З_T$ – стоимостная оценка затрат на реализацию мероприятия по обеспечению пожарной безопасности соответственно за расчетный период (T) и в году (t) расчетного периода» [30].

«Затраты на реализацию мероприятия по обеспечению пожарной безопасности за расчетный период» [30]:

$$З_T = З_{\text{нио.к.р.}} + З_T^{\Pi} + З_T^{\text{И}} = 0 + 0 + 617000 = 617000 \text{ рублей} \quad (18)$$

«где $З_{\text{нио.к.р.}}$ – затраты на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, руб.;

$З_T^{\Pi}$ – затраты при производстве мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$З_T^{\text{И}}$ – затраты при использовании мероприятий по обеспечению пожарной безопасности (без учета затрат на приобретение созданных элементов мероприятий), руб» [30].

«Затраты при производстве (использовании) мероприятий по обеспечению пожарной безопасности» [30]:

$$З_{T1}^{\Pi(\text{И})} = \sum_{t=tn}^{tk} З_t^{\Pi(\text{И})} \cdot \alpha t = \sum_{t=tn}^{tk} (И_t + К_t - Л_t) \cdot \alpha t = 617000 \quad (19)$$

«где $З_t^{\Pi(\text{И})}$ – значение затрат всех ресурсов в году, t ;

$И_t$ – текущие издержки при производстве (использовании) мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в году t ;

$К_t$ – единовременные затраты при производстве (использовании) мероприятий в году t ;

L_t – остаточная стоимость (ликвидационное сальдо) основных фондов, выбывших в году t » [30].

Далее проведем расчет экономических потерь от пожара.

Значение предотвращенных потерь:

$$\Pi^{\text{пр.}} = \Pi^1 - \Pi^2 = 65256600 - 617000 = 64639600 \text{ рублей} \quad (20)$$

«где $\Pi^1 - \Pi^2$ – экономические потери от одного пожара на охраняемом объекте соответственно до и после реализации мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, руб» [30].

При использовании статистических данных экономические потери:

$$\Pi_{\text{прТ}} = \sum_{j=1}^N (\Pi_{\text{нб}i} + \Pi_{\text{оп}i} + \Pi_{\text{нв}i} + \Pi_{\text{сэ}i}) \quad (21)$$

$$\Pi_{\text{прТ}} = 0 + 5669000 + 966000 + 120000 = 6755000$$

« $\Pi_{\text{нб}i}$ – потери части национального богатства от j -го пожара, руб.;

$\Pi_{\text{оп}i}$ – потери в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий j -го пожара, руб.;

$\Pi_{\text{нв}i}$ – потери из-за неиспользования возможностей вследствие j -го пожара, руб.;

$\Pi_{\text{сэ}i}$ – социально-экономические потери от j -го пожара, руб.;

N – количество пожаров за год» [30].

Прямые потери от аварий:

$$\Pi_{\text{п.п.}} = \Pi_{\text{о.ф.}} + \Pi_{\text{тм.ц}} \quad (22)$$

$$\Pi_{\text{п.п.}} = 94848 + 136188 = 231036 \text{ рублей}$$

«где $\Pi_{o.ф.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов, руб.;

$\Pi_{тм.ц.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей, руб.;

$\Pi_{им}$ – потери в результате уничтожения или повреждения имущества третьих лиц, руб» [30].

«Потери предприятия от уничтожения, повреждения аварией его основных фондов» [30]:

$$\Pi_{o.ф.} = \Pi_{o.ф.у.} + \Pi_{o.ф.п.} \quad (23)$$

$$\Pi_{o.ф.} = 21840 + 73008 = 94848 \text{ рублей}$$

«где $\Pi_{o.ф.у.}$ – потери предприятия в результате уничтожения основных фондов, руб.;

$\Pi_{o.ф.п.}$ – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб» [30].

Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов:

$$\Pi_{o.ф.у.} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})) \quad (24)$$

$$\Pi_{o.ф.у.} = 262080 - (73000 - 32760) = 21840 \text{ рублей}$$

«где n – число видов уничтоженных основных фондов;

S_{oi} – стоимость замещения или воспроизводства i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.;

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб» [30].

Потери предприятия в результате повреждения основных фондов:

$$\Pi_{\text{о.ф.п.}} = \sum_{i=1}^n S_{pi} \quad (25)$$

$$\Pi_{\text{о.ф.п.}} = 73008 \text{ рублей}$$

«где n – число видов поврежденных основных фондов;

S_{pi} – стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб» [30].

«Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей» [30]:

$$\Pi_{\text{т.м.ц.}} = \sum_{i=1}^n \Pi_{ti} + \sum_{j=1}^m \Pi_{cj} = 108108 + 28080 = 136188 \quad (26)$$

«где n – число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии;

Π_{ti} – ущерб, причиненный i -му виду продукции, изготовляемой предприятием, руб.;

m – число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии;

Π_{cj} – ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб» [30].

Социально-экономические потери:

$$\Pi_{\text{сэ}} = \Pi_{\text{г.п.}} + \Pi_{\text{т.п.}} = 109980 + 0 = 109980 \text{ рублей}$$

«где $\Pi_{\text{г.п.}}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие гибели персонала, руб.;

$\Pi_{\text{т.п.}}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие производственного травматизма персонала, руб.» [30];

Затраты, связанные с гибелью персонала:

$$П_{сэ} = П_{г.п.} + П_{т.п.} = 109980 + 0 = 109980 \text{ рублей} \quad (27)$$

$$П_{г.п.} = S_{пог} + S_{п.к.} = 2340 + 107640 = 109980 \text{ рублей} \quad (28)$$

«где $S_{пог}$ – расходы по выплате пособий на погребение погибших, руб.;

$S_{п.к.}$ – расходы на выплату пособий в случае смерти кормильца, руб»

[30].

Затраты, связанные с травмированием персонала:

$$П_{т.п.} = S_{в} = 0_{сэ} \quad (29)$$

«где $S_{в}$ – расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности, руб» [30].

Косвенный ущерб вследствие аварий:

$$П_{н.в.} = П_{н.п.} + П_{з.п.} + П_{ш} + П_{н.п.т.л.} = 9856 + 12812,9 = 22669 \quad (30)$$

«где $П_{н.п.}$ – часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя, руб.;

$П_{з.п.}$ – зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя, руб.;

$П_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пеней, руб.;

$П_{н.п.т.л.}$ – убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб» [30].

Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя:

$$П_{з.п.} = (V_{з.п.} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{пр} \quad (31)$$

$$П_{з.п.} = (514,8 \cdot 4,68 + 1170) \cdot 2,34 = 12812,904 \text{ рублей}$$

«где $V_{з.п.}$ – заработная плата сотрудников предприятия, руб/день;

A – доля сотрудников, не использованных на работе;

$V_{уп}$ – условно-постоянные расходы, руб/день;

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [30].

Недополученная прибыль в результате простоя:

$$П_{н.п.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i) = 14,04(1216,8 - 514,8) = 9856 \quad (32)$$

«где n – количество видов недопроизведенного продукта (услуги);

ΔQ_i – объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;

S_i – средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.;

B_i – средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии» [30].

Экологический ущерб:

$$П_{экол} = Э_a + Э_v + Э_п + Э_б + Э_o \quad (33)$$

$$П_{экол} = 12000 + 24000 + 19000 + 72000 + 0 = 127000$$

«где $Э_a$ – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.;

$Э_v$ – ущерб от загрязнения водных ресурсов;

$Э_п$ – ущерб от загрязнения почвы;

$Э_б$ – ущерб, связанный с уничтожением биологических, в том числе лесных массивов, ресурсов;

$Э_o$ – ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками зданий, сооружений, оборудования» [30].

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии:

$$П_{л.а.} = П_{л} + П_{р} \quad (34)$$

$$П_{л.а.} = П_{л} + П_{р}$$

«где $П_{л}$ – расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб» [30].

Далее приведем в таблице 5 вычисленные показатели оценки ущерба от аварии на опасном производственном объекте.

Таблица 5 – Сводная форма оценки ущерба от аварии на опасном производственном объекте

Вид ущерба	Сумма, руб.
Прямой ущерб	1256 000
Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов	4 520 000
Потери предприятия в результате повреждения основных фондов	320 000
Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей	5669 000
Социально-экономические потери	966 000
Затраты, связанные с гибелью персонала	235 000
Затраты, связанные с травмированием персонала	635 600
Косвенный ущерб вследствие аварий	2369 100
Часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя	478 000
Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя	123 000
Недополученная прибыль в результате простоя	23 100
Экологический ущерб	127 000
Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии	120 000
Ущерб от аварии, всего	65 256 600

Таким образом, посредством расчета ущерба от аварии примем эту величину полученного дохода (прибыли) от реализации мероприятия.

План мероприятий по улучшению ПБ объекта представим в таблице 6.

Таблица 6 – План мероприятий по улучшению ПБ объекта на 2025-2026 г.

Наименование структурного подразделения, рабочего места	Наименование мероприятия	Цель мероприятия	Срок выполнения	Источник финансирования мероприятия
АЗС (ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63.).	Обеспечение противопожарных разрывов [12]	Улучшение системы ПБ объекта путем соблюдения норм и требований ПБ	15.12.2024	Бюджет организации АЗС ООО «Татнефть» – АЗС центр
	Применение современных активных и пассивных средств защиты от пожара	Улучшение системы ПБ объекта	15.01.2025	Бюджет организации АЗС ООО «Татнефть» – АЗС центр
	Регламентное ТО автоматической установки пожарной сигнализации	Улучшение системы ПБ объекта	15.04.2025	Бюджет организации АЗС ООО «Татнефть» – АЗС центр

Генератор высокократной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ выделяется на фоне аналогов благодаря целому ряду преимуществ. Его особенностью является способность быстро генерировать большой объем пены высокой кратности, что позволяет оперативно локализовать и тушить пожары, связанные с разливом легковоспламеняющихся жидкостей, таких как бензин и дизельное топливо. Применение ГВП-200 «Прогресс» ФУ на АЗС позволяет минимизировать ущерб от пожара, защитить жизни людей и предотвратить распространение огня на соседние объекты. Конструкция

генератора обеспечивает его надежную работу в сложных условиях, характерных для АЗС, включая возможность применения в зимний период.

Во-первых, это высокая производительность, позволяющая оперативно создавать значительные объемы пены, что критически важно при тушении обширных пожаров или проведении дегазационных работ [15].

Во-вторых, конструкция генератора отличается надежностью и простотой в эксплуатации, минимизируя время на подготовку к работе и обслуживание. Устойчивость к агрессивным средам, в сочетании с прочными материалами, гарантирует долговечность оборудования даже при интенсивном использовании. Наконец, относительно компактные размеры и мобильность делают ГВП-200 «Прогресс» ФУ удобным в транспортировке и разворачивании на различных объектах, существенно расширяя спектр его применения.

Выводы по разделу 3:

Оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования на автозаправочных станциях является важной задачей для обеспечения безопасности и предотвращения аварийных ситуаций. В данном будет рассмотрено описание типичного технологического оборудования на АЗС, а также процессы, которые могут привести к образованию внутренней горючей среды [10].

Выбран генератор высокократной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ – это специализированное устройство, предназначенное для создания значительных объемов высокократной пены, используемой в различных областях, включая тушение пожаров, создание защитных барьеров и выполнение других технических задач.

Он отличается высокой производительностью и надежностью, позволяя быстро заполнять большие пространства пеной с кратностью, значительно превышающей обычную. Конструкция генератора обеспечивает стабильное качество пены и ее равномерное распределение, что критически важно для эффективного применения. Благодаря своей универсальности, ГВП-200

«Прогресс» ФУ широко востребован в промышленности, строительстве и аварийно-спасательных службах, где требуется оперативное создание больших объемов пены для решения разнообразных задач.

«Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности определяется как социальными (оценивает соответствие фактического положения установленному социальному нормативу), так и экономическими (оценивает достигаемый экономический результат) показателями» [30].

Производительность генератора по раствору пенообразователя при рабочем давлении 0,6 МПа, $q_p \geq 200 \text{ дм}^3/\text{мин}$ (200 л/мин или 3,3 л/с), производительность по пене $q_{п} = 1320 \text{ дм}^3/\text{с}$, кратность пены не менее 400 при концентрации ПО 6 % [26].

Экономический эффект за расчетный период независимо от направленности мероприятия по обеспечению пожарной безопасности (совершенствование существующих элементов систем и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности) составил 64639600 рублей.

Заключение

В разделе 1 приведены организационные основы работы и обеспечения пожарной безопасности на АЗС, описано состояние системы пожарной безопасности АЗС в целом и для конкретного объекта, приведено описание АЗС, характеристики хранилищ, топливно-раздаточной системы, характеристик системы пожарной безопасности конкретной АЗС.

Определен порядок приема, хранения, отпуска нефтепродуктов на АЗС.

Ведение журнала учета нефтепродуктов на АЗС подразумевает строгое соблюдение правил нумерации страниц, их скрепления печатью для обеспечения целостности документа. Соблюдение этих процедур минимизирует риски потерь, фальсификаций и обеспечивает точный учет движения нефтепродуктов на всех этапах.

Журналы, используемые для регистрации важных аспектов пожарной безопасности на АЗС, подлежат обязательной нумерации страниц. Это обеспечивает целостность документа и исключает возможность несанкционированного изъятия или добавления листов. После нумерации журнал скрепляется печатью, что служит дополнительным подтверждением его подлинности. Эта процедура подтверждает, что журнал содержит именно то количество листов, которое заявлено, и не подвергался каким-либо манипуляциям. Все эти меры направлены на обеспечение должного контроля за соблюдением требований пожарной безопасности и повышают ответственность за ведение документации.

Система пожарной безопасности АЗС строится на четких организационных основах, определяющих роли и обязанности персонала в предотвращении и ликвидации пожаров. Эти основы включают в себя разработку и утверждение инструкций по пожарной безопасности, проведение регулярных инструктажей и тренировок с персоналом, назначение ответственных за пожарную безопасность лиц, а также организацию системы контроля за соблюдением противопожарных

требований. Эффективная организация работы по пожарной безопасности является ключевым фактором в обеспечении безопасной эксплуатации АЗС и защиты жизни и здоровья людей.

В разделе 2 выяснено, что оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования на АЗС является критически важным аспектом обеспечения безопасности. Выбран объект ООО «Татнефть» – АЗС центр, по адресу г. Самара, Заводское шоссе, д. 63.

АЗС служит для приёма, хранения, выдачи ГСМ. Выдачу и прием железнодорожных цистерн, и автомобильных цистерн.

Учитываются факторы, влияющие на концентрацию паров, такие как температура топлива, давление паров, скорость испарения и интенсивность вентиляции.

Особое внимание уделяется обнаружению потенциальных источников воспламенения, включая искры от электрооборудования, статическое электричество и нагретые поверхности. На основе этих данных определяется необходимость применения мер защиты от взрыва, таких как использование взрывозащищенного оборудования, систем инертного газа и других технических решений, направленных на предотвращение образования горючей среды или минимизацию последствий взрыва.

Анализ операций с бензовозом на АЗС выявляет потенциальные, хотя и ограниченные, риски взрывоопасности. Кратковременное открытие горловины автоцистерны для контроля заполнения не представляет значительной угрозы, поскольку быстро рассеивающиеся пары бензина не достигают опасной концентрации.

Процесс включает в себя анализ различных факторов, таких как интенсивность утечки, физико-химические свойства горючих веществ (давление паров, температура кипения, нижний и верхний пределы взрываемости), скорость испарения, метеорологические условия (скорость и направление ветра, температура воздуха), рельеф местности и наличие препятствий. Для проведения оценки используются различные методы,

включая нормативные документы, инженерные расчеты, математическое моделирование и, при необходимости, экспериментальные исследования. Результаты оценки размеров взрывоопасных зон используются для выбора соответствующего взрывозащищенного оборудования, определения безопасных расстояний, разработки планов эвакуации и обучения персонала.

Оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования на автозаправочных станциях является важной задачей для обеспечения безопасности и предотвращения аварийных ситуаций. В данном будет рассмотрено описание типичного технологического оборудования на АЗС, а также процессы, которые могут привести к образованию внутренней горючей среды [10].

Выбран генератор высокократной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ – это специализированное устройство, предназначенное для создания значительных объемов высокократной пены, используемой в различных областях, включая тушение пожаров, создание защитных барьеров и выполнение других технических задач.

Он отличается высокой производительностью и надежностью, позволяя быстро заполнять большие пространства пеной с кратностью, значительно превышающей обычную. Конструкция генератора обеспечивает стабильное качество пены и ее равномерное распределение, что критически важно для эффективного применения. Благодаря своей универсальности, ГВП-200 «Прогресс» ФУ широко востребован в промышленности, строительстве и аварийно-спасательных службах, где требуется оперативное создание больших объемов пены для решения разнообразных задач.

Экономический эффект за расчетный период независимо от направленности мероприятия по обеспечению пожарной безопасности (совершенствование существующих элементов систем и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности) составил 64639600 рублей.

Список используемых источников

1. Алексеев М.В., Волков О.М., Шатров Н.Ф. Пожарная профилактика технологических процессов производств. М.: Дело, 2022. 288 с.
2. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения, М.: Химия, 2022. 441 с.
3. Волков О. М, Проскуряков ГА. Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов, М. : Недра 2025.316 с.
4. Головцова А.В., Потапова С.О. К вопросу о пожарной опасности технологического процесса автозаправочных станций / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. ФГБОУ ВО Воронежский институт-филиал Ивановская пожарно-спасательная академия МЧС России, 2020. 29-34 с.
5. Горячев С.А. Пожарная профилактика технологических процессов производств М.: Дело, 2023. 360 с.
6. Гришечкин А.М., Потапова С.О. Анализ и количественная оценка опасности автозаправочной станции / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы, 2020. 183-189 с.
7. Гуляев Г. Ю. Студенческий научный форум 2021 /сборник статей Международной научно-практической конференции Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2021. 318 с.
8. Имшаков А. В. Пожарная безопасность: современное состояние и перспективы / Журнал охраны труда, 3(4), 2021, С. 212-220.
9. Инструкция о порядке поступления, хранения, отпуска и учета нефти и нефтепродуктов на нефтебазах, наливных пунктах и автозаправочных станциях [Электронный ресурс]. URL:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=8418> (дата обращения: 05.04.2025).

10. Как тушить пожар на АЗС [Электронный ресурс]. URL: https://ugra-news.ru/article/kak_tushit_pozhar_na_azs/ (дата обращения: 05.04.2025).

11. Коваленко В.Г., Сафонов А.С., Ушаков А.И., Шергалнс В. Автозаправочные станции: Оборудование. Эксплуатация. Безопасность. СПб.: НПИКЦ, 2003. 280 с.

12. Методические рекомендации по действиям подразделений федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ от 26.05.2010 № 43-2007-18 (ред. от 19.10.2023) [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-po-deistviyam-podrazdelenii-federalnoi-protivopozharnoi-sluzhby-pri/> (дата обращения: 05.04.2025).

13. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69 (ред. от 19.10.2023). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-69-FZ/> (дата обращения: 05.04.2025).

14. Об установлении критериев информации о ЧС природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 05.07.2021 № 429 (ред. от 10.01.2024). URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mchs-rossii-ot-05072021-n-429-ob-ustanovlenii/> (дата обращения: 20.02.2025).

15. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 16.09.2024 № 777. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-16.09.2024-N-777/> (дата обращения: 20.02.2025).

16. Об утверждении свода правил «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс] : СП 156.13130.2014 (ред. от 21.06.2024). URL: <https://npropris.ru/wp->

content/uploads/2015/04/%D0%A1%D0%9F-156.13130.20141.pdf (дата обращения: 20.02.2025).

17. Оценка пожарного риска на АЗС / В.В. Воробьев, С.А. Горячев, С.А. Швырков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2010. С. 37–42 [Электронный ресурс]. URL: <https://core.ac.uk/download/53089608.pdf> (дата обращения: 20.02.2025).

18. Оценка эффективности противопожарной защиты автомобильных заправочных станций (на примере АГЗС) от воздействия теплового излучения при нахождении автоцистерны с нефтепродуктом в очаге пожара [Электронный ресурс]. URL: <https://scilead.ru/article/4993-otsenka-effektivnosti-protivopozharnej-zashch> (дата обращения: 20.02.2025).

19. Пат. 106593 Система пожаротушения контейнерной автозаправочной станции (варианты) / Черемных В.С.; заявл. 14.03.2011; опубл. 20.07.2011 [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU106593U1_20110720 (дата обращения: 20.02.2025).

20. Пат. 107734 Система пожаротушения контейнерной автозаправочной станции с двумя технологическими отсеками (варианты) / Черемных В.С.; заявл. 15.03.2011; опубл. 27.08.2011 [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU107734U1_20110827 (дата обращения: 20.02.2025).

21. Пат. 194856 Устройство для хранения и автоматической подачи топлива / Савельев В.Ф.; заявл. 30.08.2019; опубл. 25.12.2019 [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU194856U1_20191225 (дата обращения: 20.02.2025).

22. План мероприятий по локализации и ликвидации аварии на АЗС [Электронный ресурс]. URL: <https://proofoil.ru/Petrochemical/Petrochemical42.html> (дата обращения: 20.02.2025).

23. Повышенная взрывопожароопасность автозаправочных станций [Электронный ресурс]. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39147> (дата обращения: 20.02.2025).

24. Пожарная безопасность технологических процессов : Национальный ГОСТ Р 12.3.047–2012 [Электронный ресурс]. URL: <https://adygvdp.ru/images/PDF/gost-tech-k.pdf> (дата обращения: 20.02.2025).

25. Расчет установки автоматического пожаротушения при перекачке бензина [Электронный ресурс]. URL: https://ros-pipe.ru/clauses/raschet_ustanovki_avtomaticheskogo_pozharotusheniy/ (дата обращения: 20.02.2025).

26. Реализация мер противопожарной защиты на автозаправочных станциях [Электронный ресурс]. URL: <https://na-journal.ru/8-2024-tekhnosfernaya-bezopasnost/14658-realizaciya-mer-protivopojarnoi-zashchity-na-avtozapravochnyh-stanciyah> (дата обращения: 20.02.2025).

27. Решения по пожарной и спецтехники для сферы ТЭК [Электронный ресурс]. URL: <https://cenpist.ru/ru/solutions-tek.php> (дата обращения: 20.02.2025).

28. Рябов, С. Н. Новые технологии в сфере противопожарной безопасности / Безопасность жизнедеятельности, 2(15), 2022.С. 45-52.

29. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках [Электронный ресурс]. URL: <https://fire-kld.ru/files/rukov.pdf> (дата обращения: 20.02.2025).

30. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования : Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.004-91. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/GOST-12.1.004-91.pdf> (дата обращения: 04.05.2025).

31. Способ тушения пожара в наземных резервуарах 2599363 [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2599363C1_20161010 (дата обращения: 05.05.2025).

32. Способы тушения пожара [Электронный ресурс]. URL: https://bontel.ru/media/issues/show83/sposobyi_tusheniya_pojava.html (дата обращения: 25.04.2025).

33. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс] : Свод правил СП166.13130.2014. (ред. от 14.04.2022). URL: <https://www.minizapravka.ru/content/company/documents/%D0%A1%D0%9F%20166.13130.2014.pdf> (дата обращения: 21.04.2025).

34. Тактика тушения пожаров и проведения спасательных работ в поврежденных зданиях и сооружениях [Электронный ресурс]. - URL: <https://studfile.net/preview/9608802/page:12/> (дата обращения: 05.04.2025).

35. Терещев В. В. Пожарная тактика : Основы тушения пожаров : учеб. пособие / М. : Академия МЧС России, 2012. 322 с.

36. Травин Д. С., Толстое Д.Н., Калач Е.В. Система обеспечения пожарной безопасности на АЗС // Вестник науки. Воронежский институт - филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии МЧС России. 2022. №4. С.161-168.

37. Тушение пожаров на АЗС [Электронный ресурс]. URL: <https://opozhare.ru/tushenie/tushenie-pozharov-na-azs> (дата обращения: 05.04.2025).

38. Устройство для пожаровзрывопредотвращения и тушения пожара гибридной пеной [Электронный ресурс]. URL: <https://patents.google.com/patent/RU199778U1/ru> (дата обращения: 05.04.2025).

39. Установка тушения нефтепродуктов в резервуарах с применением огнетушащей смеси из углекислого газа и хладона [Электронный ресурс]. - URL: <https://patents.google.com/patent/RU165523U1/ru> (дата обращения: 05.04.2025).

40. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности : СП 156.13130.2014 [Электронный ресурс]. URL: <https://na-journal.ru/8-2024-tekhnosferная-bezopasnost/14658-realizaciya-mer->

protivopojarnoi-zashchity-na-avtozapravochnyh-stanciyah (дата обращения: 20.02.2025).

41. Теребнев В.В. Пожарная тактика Часть 1. Основы тушения пожаров : учеб. пособие для студентов. М. : Новая техника ; Москва : НТ, 2006. 256 с. (Высшая школа).

42. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон №123 (ред. от 25.12.2023). URL: <https://legalacts.ru/doc/FZ-Teh-reglament-o-trebovanijah-pozharnoj-bezopasnosti/> (дата обращения: 20.02.2025).

43. Тушение пожаров на объектах нефтехимии [Электронный ресурс]. URL: https://sudact.ru/law/metodicheskie-rekomendatsii-po-deistviyam-podrazdelenii-federalnoi-protivopozharnoi/metodicheskie-rekomendatsii-po-deistviyam-podrazdelenii/razdel-ii/glava-3_1/ (дата обращения: 20.02.2025).

44. Экономика пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/117137/1/978-5-7996-3470-4_2022.pdf (дата обращения: 20.04.2025).

45. Экономические показатели методики финансового резерва [Электронный ресурс]. URL: <https://01.mchs.gov.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/grazhdanskaya-zashchita/preduprezhdenie-chrezvychaynyh-situaciy/1-2-metodicheskie-rekomendacii/metodika-po-poo/metodika-fin-rez-poo-05-09g> (дата обращения: 20.04.2025).

46. Cimoli E. Determining Snow Depth Distribution from Unmanned Aerial Vehicles and Digital Photogrammetry. Master Thesis. Technical University of Denmark, 2015. 73 p.

47. McCormack E., Vaa T., Haland G., Humstad T., Frauenfelder R. Evaluating Sensors for Snow Avalanche Monitoring on Unmanned Aircraft Systems. NPRA Report for Norwegian Public Roads Administration, 2018. Andoya, Norway. 26 p.

48. Polka M., Ptak S., Kuziora L., Kuczynska A. The Use of Unmanned Aerial Vehicles by Urban Search and Rescue Groups. Drones. Edited by Dekou-lis G. Interchopen. 2018.

49. SHERPA: Application Scenarios, End User Requirements and Regulations. Application Scenarios, End User Requirements and Regulations. Report for Seventh Framework Programme FP7, 2014. Bologna, Italy. 17 p.

50. Silvagni M., Tonoli A., Zenerino E., Chibarge M. Multipurpose UAV for Search and Rescue Operations in Mountain Avalanche Events. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2016. P. 18-33.