

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)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка инженерно-технических решений по обеспечению наружного пожаротушения резервуаров, предназначенных для хранения углеводородов (на примере товарно-сырьевого цеха Д-1а ООО «Тольяттикаучук»)

Обучающийся

В.Е. Степанов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

доцент, И.В. Дерябин

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

Консультанты

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Тема: «Разработка инженерно-технических решений по обеспечению наружного пожаротушения резервуаров, предназначенных для хранения углеводородов (на примере товарно-сырьевого цеха Д-1а ООО «Тольяттикаучук»)».

В разделе «Информационно-аналитический обзор основных средств и методов пожаротушения» описывается оперативно-тактическая характеристика объекта исследования.

В разделе «Анализ пожарной безопасности товарно-сырьевого цеха Д-1а ООО «Тольяттикаучук»» проводится анализ системы контроля, управления, сигнализации, противоаварийной автоматической защиты.

В разделе «Разработка инженерно-технических решений по обеспечению наружного пожаротушения резервуаров для хранения углеводородов» разрабатывается усовершенствованное техническое решение по обеспечению наружного пожаротушения резервуаров для хранения углеводородов.

В разделе «Охрана труда» производится оценка уровней профессионального риска на рабочих местах предприятия.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» определена антропогенная нагрузка предприятия на окружающую среду и оформлены результаты производственного экологического контроля по предприятию.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» выполнена оценка эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Количественная характеристика работы: объем отчёта составляет 65 страниц, 3 рисунка, 18 таблиц.

## **Abstract**

The title of the graduation work is «Development of engineering and technical solutions to ensure the external fire extinguishing of reservoirs intended for the storage of hydrocarbons (using the example of the raw materials workshop D-1a LLC «Tolyattikauchuk»)».

In the section «Information and analytical review of basic fire extinguishing equipment and methods» the operational and tactical characteristics of the object of research.

In the section «Analysis of fire safety of the commodity shop D-1a of Tolyattikauchuk LLC», an analysis of the control, management, alarm system, and emergency automatic protection is carried out.

In the section «Development of engineering and technical solutions for the provision of external fire extinguishing of hydrocarbon storage tanks», an improved technical solution for the provision of external fire extinguishing of hydrocarbon storage tanks is developed.

In the section «Labor protection» there is an assessment of professional risk levels at workplaces of the enterprise.

In the section «Environmental protection and environmental safety» defines the anthropogenic impact of the enterprise on the environment and formalizes the results of industrial environmental control for the enterprise

In the section «Assessment of the effectiveness of measures to ensure technosphere safety», an assessment of the effectiveness of the developed measures to ensure technosphere safety has been carried out.

Quantitative characteristics of the work: the volume of the report is 65 pages, 3 figures, 18 tables.

## Содержание

Введение.....	5
Термины и определения .....	7
Перечень сокращений и обозначений.....	9
1 Информационно-аналитический обзор основных средств и методов пожаротушения.....	10
2 Анализ пожарной безопасности товарно-сырьевого цеха Д-1а ООО «Тольяттикаучук» .....	15
3 Разработка инженерно-технических решений по обеспечению наружного пожаротушения резервуаров для хранения углеводородов .....	26
4 Охрана труда.....	38
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность .....	44
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	50
Заключение .....	59
Список используемых источников.....	61

## Введение

Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства.

Пожар, под которым понимается неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства [5], является одним из источников опасности. Она (опасность пожара) известна человечеству на протяжении всего периода его существования, однако не только не устранена (исключена), но в современном мире характеризуется повышенным уровнем в силу ряда причин, к числу которых относятся интенсификация хозяйственной деятельности человека, производственная и бытовая энергонасыщенность, научно-технический прогресс, быстрое устаревание технологий, социально-экономические факторы и др.

В любом удаленном районе или на производстве существует несколько вариантов возникновения пожара. Например, в складах одежды, на хлопчатобумажных фабриках и в резервуарах для хранения топлива утечки электроэнергии могут привести к огромному пожару и причинению вреда. В наихудших случаях и сценариях пожар приводит к большим финансовым потерям и уносит жизни.

Концепция противопожарной защиты, созданная на этапе проектирования здания, не соответствует последовательно динамично меняющимся обстоятельствам ни с течением времени, ни с точки зрения человека, пожара или основного фактора здания, что может привести к неустойчивому равновесию противопожарной защиты.

Для тушения пожаров были разработаны различные инновационные способы и установки автоматического пожаротушения.

Цель исследования – повышение эффективности системы обеспечения пожарной безопасности товарно-сырьевого цеха Д-1а ООО «Тольяттикаучук» за счёт разработки усовершенствованного технического решения по

обеспечению наружного пожаротушения резервуаров для хранения углеводородов.

Задачи:

- представить описание характеристики объекта исследования;
- исследовать показатели оперативно-тактической характеристики объекта исследования и имеющихся систем противопожарной защиты;
- произвести научный патентный поиск существующих методов, способов и моделей наружного пожаротушения резервуаров для хранения углеводородов;
- произвести оценку уровней профессионального риска на рабочих местах предприятия;
- оформить результаты производственного экологического контроля по предприятию;
- выполнить оценку эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

## Термины и определения

В настоящей работе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков – «классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях и пожарных отсеках технологических процессов производства» [15].

Охрана труда – «вид деятельности, неотъемлемый элемент трудовой и производственной деятельности, направленный на сохранение трудоспособности наемного работника и иных приравненных к ним лиц; и представляющий из себя систему правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий» [16].

Оценка профессиональных рисков – это выявление возникающих в процессе осуществления трудовой деятельности опасностей, определение их величины и тяжести потенциальных последствий [1].

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [15].

Пожарная безопасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара [8].

Пожарная опасность веществ и материалов – «состояние веществ и материалов, характеризующее возможность возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [8].

Пожарная сигнализация – совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд [8].

Пожарный извещатель – «техническое средство, предназначенное для обнаружения факторов пожара и/или формирования сигнала о пожаре» [15].

Противопожарный режим – «комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации объекта (изделия), направленных на обеспечение его пожарной безопасности» [4].

Система обеспечения пожарной безопасности – «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами» [15].

Система пожарной безопасности – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него [8].



## Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяют следующие сокращения и обозначения:

АПС – автоматическая пожарная сигнализация.

АСПТ – автоматическая система порошкового пожаротушения.

АСФ – аварийно-спасательное формирование.

ГГ – горючие газы.

ГДС – газовая дыхательная смесь.

ГЖ – горючие жидкости.

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость.

ОРО – объект размещения отходов.

ПК – пожарный кран.

ПП – пожарный пост.

ПЧ – пожарная часть.

СИЗ – средство индивидуальной защиты.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией.

СУГ – сжиженные углеводородные газы.

ТКО – твёрдые коммунальные отходы.

ТСЦ – товарно-сырьевой цех.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

## **1 Информационно-аналитический обзор основных средств и методов пожаротушения**

Общие противопожарные меры можно разделить на три категории. Это пассивные меры предосторожности при пожаре, активные меры предосторожности при пожаре и управление пожарной безопасностью.

Пассивные противопожарные меры предосторожности включают «противопожарные» двери, которые являются мерами, помогающими задержать распространение дыма и огня по зданиям [13]. Они важны, потому что они также защищают структурную целостность зданий, помогая им избежать разрушения в результате пожара.

Пассивная защита считается «основой» пожарной безопасности.

Активные меры пожарной безопасности относятся к любым существующим системам для замедления распространения огня или обнаружения дыма.

«Управление пожарной безопасностью обеспечивает связь между активными и пассивными мерами пожарной безопасности» [27].

В настоящее время множество противоположных подходов и требований по всему миру привели к значительным различиям в проектировании, утверждении, методах строительства, продуктах и эксплуатации химически опасных производственных объектов.

«Обмен знаниями о принципах пожарной безопасности, принятых во всем мире, представляет собой важную возможность для просвещения заинтересованных сторон и улучшения защиты людей и зданий от риска возникновения пожара и может способствовать повышению безопасности» [27], как в развитых, так и в развивающихся странах.

Многие страны приняли законодательные акты об обязательной установке систем пожарной безопасности в зданиях. Следовательно, были разработаны различные технологии для предотвращения пожаров и борьбы с ними. Тепловые и дымовые извещатели широко используются в настоящее

время, но обычно они контролируют ограниченную область пространства. В больших помещениях и высоких зданиях частицам дыма и теплу может потребоваться много времени, чтобы достичь детектора, и даже они не достигнут детектора [14].

Поэтому в настоящее время изучается и развивается пожарный извещатель, основанный на видеозаписи. Поскольку это может значительно повысить требования к обнаружению пожара в больших помещениях и высоких зданиях, и даже на открытом воздухе

Для борьбы с пожарами было разработано и использовалось множество систем пожаротушения, таких как системы пожаротушения на водной основе и системы пожаротушения с газовыми огнетушащими составами. С экономической точки зрения вода была наиболее доступным и наиболее часто используемым огнетушащим материалом. Однако ущерб, причиняемый в результате неэффективного применения воды, обычно превышает ущерб, причиняемый огнем сгоревшему имуществу и другим ценностям.

В производственных помещениях стационарные системы пожаротушения являются основным средством борьбы с пожаром. Оборудование для производства растительных масел, которое выделяет насыщенные жиром пары может стать источником воспламенения жира и должно быть защищено системой пожаротушения [7].

Стивен Кербер опубликовал результаты исследования, касающиеся развития поведения при пожаре, в своей статье «Анализ изменяющейся динамики пожаров и его влияния на временные рамки тушения», и показывает, что современные материалы в отделке помещений привели к тому, что количество пожаров растет намного быстрее, чем в прошлом. Это значительно сокращает время, необходимое для тушения пожара на начальной стадии. Чтобы справиться с этим резким увеличением скорости, пожарные и спасатели должны придумать более быстрые способы прибытия на место происшествия [27].

Яркко Янти, Тимо Лопонен и Пертти Миеттинен провели исследование

в 2019 году и опубликовали отчет под названием «Selvitys vaihtoehtoisten sammutusmenetelmien Cobra ja Dspa soveltuvuudesta huoneistopalon» (Совместимость альтернативных методов пожаротушения Cobra и Dspa для пожаротушения) [28].

Аэрозольное огнетушащее вещество подходит для тушения пожаров в помещениях с электронными данными и машинными отделениями. Аэрозольное огнетушащее вещество предназначено для тушения пожаров твердых легковоспламеняющихся материалов, легковоспламеняющихся жидкостей, машин и электрооборудования напряжением до 20 кВ [26].

Количество аэрозоля следует рассчитывать на основе расчетной концентрации, предложенной производителем химического вещества, в г/м<sup>3</sup>, которая должна быть четко указана, плюс компенсация за утечки [30].

Физические характеристики аэрозольного пожаротушения (преимущества):

- аэрозольное огнетушащее вещество не опасно для организма человека;
- аэрозольное огнетушащее вещество не токсично;
- аэрозольное огнетушащее вещество не взрывоопасно и не воспламеняется при температуре 380 °С;
- после выброса аэрозольного огнетушащего вещества, не повредит озоновый слой земли;
- предотвращает повторное возгорание после выпуска огнетушащих средств;
- аэрозольное огнетушащее вещество не вызывает коррозии и поэтому не повреждает содержимое защищаемого помещения, включая компьютерное оборудование;
- аэрозольные огнетушащие вещества не содержатся в опасных баллонах под давлением;
- защищает и тушит возгорание электроустановок напряжением до 20 000 Вольт, т.е. диэлектрических;

- масса аэрозольного заряда, необходимая для тушения пожара, составляет всего 100 г/м<sup>3</sup>;
- эффективно тушит пожары классов А, В и С (за исключением помещений, в которых присутствуют взрывоопасные смеси) [24];
- аэрозольные генераторы (огнетушители) не относятся к пиротехническим средствам;
- отсутствие существенного изменения содержания кислорода в защищаемом помещении во время и после включения аэрозольных огнетушителей;
- безвреден для окружающей среды;
- химически нейтрален.

Для тушения пожаров были разработаны и использовались автоматические устройства аэрозольного пожаротушения на основе отслеживания инфракрасного излучения от очага пожара. В статье [8] разработано автоматическое струйное устройство пожаротушения на основе видеозаписи. В качестве центрального процессора предлагаемого устройства пожаротушения использовался роботизированный осциллирующий ствол. Ключевая проблема устройств пожаротушения на основе видеосигнала заключается в точном распознавании пожара и оценке очага пожара. Затем был предложен метод обнаружения и локализации пожара для устройства на основе видео потока. Кроме того, в большом испытательном зале были проведены эксперименты по проверке автоматического устройства пожаротушения на основе компьютерного «зрения». Результаты показывают, что этот метод позволяет хорошо локализовать и потушить тестовый пожар.

Многие исследователи и инженеры пытались найти более эффективные способы доставки огнетушащих веществ к очагу пожара и наиболее простым способом борьбы с огнем является вода. Несмотря на то, что для тушения пожаров используются различные современные насосы, форсунки и распылители, технологии пожаротушения на водной основе не достигли наивысшего уровня эффективности.

В последние годы для тушения пожаров были разработаны и использовались некоторые автоматические осциллирующие устройства пожаротушения. С развитием компьютерных технологий был изучен роботизированный пожарный монитор, который может автоматически управляться компьютером, и может обнаруживать и подавлять пожар.

Разработана автоматическая система поиска и тушения пожара с дистанционно управляемыми пожарными мониторами. Метод поиска пожара реализован на основе теории компьютерного зрения с помощью одной ПЗС-камеры, установленной в конце устройства наблюдения за пожаром.

Чтобы повысить эффективность пожаротушения и адаптироваться к требованиям пожаротушения было разработано автоматическое устройство пожаротушения, основанное на компьютерном зрении. Это сокращает количество интерфейсов подключения между контроллером извещателя и пожарным монитором. Описан новый метод обнаружения пожара и определения местоположения, используемый для предлагаемого устройства пожаротушения. Благодаря процессу подтверждения и отслеживания возгорания предлагаемое устройство пожаротушения может легко обнаружить и потушить возгорание.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что чтобы повысить эффективность пожаротушения и адаптироваться к требованиям пожаротушения было разработано автоматическое устройство пожаротушения, основанное на компьютерном зрении. Благодаря процессу подтверждения и отслеживания возгорания предлагаемое устройство пожаротушения может легко обнаружить и потушить возгорание.

## **2 Анализ пожарной безопасности товарно-сырьевого цеха Д-1а ООО «Тольяттикаучук»**

Отделение Д-1а входит в состав товарно-сырьевого цеха (ТСЦ) и предназначено для приема, хранения и отпуска фракции изобутановой (изобутана-сырца, изобутана-возврата сырца, изобутана-ректификата, изобутана-возврата.

«План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий отделения Д-1а ТСЦ ректификата), фракции изобутан-изобутиленовой, изобутилена, изобутилен-изопентан-изопреновой шихты, сжиженного этилена и жидкого аммиака» [28].

Вспомогательные установки:

- установка по обогреву шаровых резервуаров в отделении Д-1а;
- фекальная насосная № 105;
- повысительная насосная №111.

Ввод в эксплуатацию:

- отделение Д-1а – 1975 г.
- установка аммиака – 1986 г.
- установка этилена – 1975 г.
- насосная № 105 – 1975 г.
- насосная № 111 – 1975 г.

В отделении Д-1а возможны аварии, сопровождающиеся залповыми выбросами взрывопожароопасных веществ, которые могут привести к разрушению зданий, сооружений, технологического оборудования, поражению людей.

С целью снижения ущерба от возможных аварий, созданию необходимых условий для быстрой локализации и ликвидации аварийных ситуаций непрерывный технологический процесс условно разделен на блоки:

- блок № 1 – прием, хранение и отпуск изобутилен-изопентан-изопреновой фракции;

- блок № 2 – прием, хранение и отпуск изобутановой фракции;
- блок № 3 – прием, хранение и отпуск изобутан - изобутиленовой фракции;
- блок № 4 – прием, хранение и отпуск изобутилен;
- блок № 5 – система стравливания углеводородных отдувок и отпарки углеводородов из подтоварной воды;
- блок № 6 – прием, хранение и отпуск этилена;
- блок № 7 – прием, хранение и отпуск аммиака;
- блок № 8 – резервуары №10/2 и 10/3.

Категории взрывоопасности технологических блоков устанавливаются по расчетным значениям относительных энергетических потенциалов  $Q_e$  и приведенной массе парогазовой среды  $m$ .

Значения энергетических потенциалов, категории взрывоопасности блоков, границы возможных разрушений при взрывах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели категорий взрывоопасности технологических блоков

Наименование блока	Относительный энергетический потенциал $Q_e$	Приведенная масса $m$ (кг)	Категория взрывоопасности	Радиусы зон разрушения, опасности, м					
				R <sub>0</sub>	R <sub>i</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
Отделение Д-1А									
Прием, хранение и отпуск изобутилен-изопентан-изопреновой фракции (шаровые резервуары №1/2-3, насосы)	-	-	I	-	-	-	-	-	-
Прием, хранение и отпуск изобутановой фракции (шаровые резервуары №1/1, 3/1-5, насосы)	103,4	1.087e+05	I	36,63	139,108	205,002	351,431	1025,01	2050,02



Продолжение таблицы 1

Наименование блока	Относительный энергетический потенциал Q <sub>B</sub>	Приведенная масса m (кг)	Категория взрывоопасности	Радиусы зон разрушения, опасности, м					
				R <sub>0</sub>	R <sub>i</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
Прием, хранение и отпуск изобутан-изобутиленовой фракции (шаровые резервуары № 5/1-3, 10/4 (в резерве) насосы 2/3, 6/1-2)	-	-	I	-	-	-	-	-	-
Прием, хранение и отпуск изобутилена (емкости №8/1-3, и насосы 11/1-2)	-	-	I	-	-	-	-	-	-
Система срабатывания углеводородных отдувок и отпарки	27,167	1970,09 5	II	6,211	23,629	34,822	59,695	174,111	348,222

Сжиженные углеводородные газы под давлением находятся в жидком состоянии, но при нормальных условиях (при прорыве их в атмосферу) они быстро испаряются, превращаясь в тяжелый (тяжелее воздуха) газ, который, стелясь по земле, образует в смеси с воздухом взрывоопасные смеси.

«Образование взрывоопасных концентраций возможно:

- в технологическом оборудовании при попадании в него воздуха,
- в помещениях, насосных отделениях, на территории отделений при пропусках продукта из оборудования и коммуникаций,
- в канализационных сетях при попадании продукта в канализацию» [28].

Характеристика продуктов по пожаровзрывоопасности представлена в таблице 2. Все углеводороды группы СУГ токсичны и действуют на организм человека наркотически, раздражают слизистую оболочку, вызывают головокружение, общую слабость, ощущение опьянения. Попадание

сжиженных углеводородов на кожу человека вызывает ее обмораживание за счет быстрого испарения продукта.

Таблица 2 – Характеристика продуктов по пожаровзрывоопасности

Наименование веществ, агрегатное состояние П – пыль, Г – газ, Ж – жидкость, Т – твердое вещество	Класс опасности	Температура, °С				Концентрационные пределы воспламенения % об.		ПДК, мг/м <sup>3</sup>
		Вспышки	Воспламенения	Кипения	Самовоспламенения	Нижний	Верхний	
Изобутилен (Г)	4	- 19	- 140	-7	465	1,8	9,6	100
Диметилдиоксан (Ж)	3	30	35	132	370	1,97	22,4	3
Изопрен (Ж)	4	- 48	- 45	34	400	1,7	11,5	40
Спирт бутиловый (Ж)	3	41	43	117	340	1,8	10,9	10
Натр едкий технический (Ж)	2	-	-	1388	-			0,5 аэрозоля
Калия гидрат окиси технический (Ж или Т)	2	-	-	1324	-	-	-	0,5 аэрозоля
Циклогексанон технический (Ж)	3	44	440	155,6	420	1,3	9,1	10
Пара-третбутил-пирокатехин (ТБК) (Ж)	3	109	-	100	-	-	-	-
Метилдигидропиран (Ж)	3	17	21	118	247	-	-	5,0
Масло трансформаторное (Ж)	4	135	-	-	270	-	-	300
Ингибитор ИПОН-11011 (Ж)	3	8-18	19	-	322	-	-	150/50 мг/см <sup>3</sup> (по толуолу)
Масло промышленное (Ж)	4	Не ниже 140	-	-	270	-	-	Не определен
Масло турбинное (Ж)	4	186-220	-	-	-	-	-	300

Продолжение таблицы 2

Наименование веществ, агрегатное состояние П – пыль, Г – газ, Ж – жидкость, Т – твердое вещество	Класс опасности	Температура, °С				Концентрационные пределы воспламенения % об.		ПДК, мг/м <sup>3</sup>
		Вспышки	Воспламенения	Кипения	Самовоспламенения	Нижний	Верхний	
Изобутан (Г)	4	- 76	-	11,7 2	460	1,8	8,4	300
Аммиак жидкий (Г)	4	- 2	-	- 33,4	650	15	28	20
Калия бихромат (Т)	1	-	-	-	-	-	-	0,01 мг/м <sup>3</sup>
Кальций хлористый (Т)	3	-	-	1600	-	-	-	-
Метанол (Ж)	3	6	13	64÷6 5,5	440	6,98	35,5	5
Газ природный (Г)	4	-	-	-	537(по метану)	5(по метану)	15	-

Пары большинства горючих газов (ГГ), сжиженных углеводородных газов (СУГ) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) действуют на организм человека наркотически, а при попадании на кожу могут вызвать ее заболевание. «Пожароопасность и взрывоопасность объекта обусловлена применением в производстве продуктов, способных образовывать взрывоопасные концентрации паров» [29].

«Причиной взрыва оборудования могут быть нарушения:

- нарушения требований должностных и производственных инструкций;
- нарушение режимов и параметров ведения технологического процесса;
- правил безопасности при подготовке оборудования к ремонту, во время ремонта, во время пуска» [28].

Причинами пожара могут быть:

- «курение в неустановленном месте;

- применение открытого огня в местах, не предусмотренных для этой цели;
- наличие нагретых до высокой температуры поверхностей трубопроводов и оборудования;
- переработка и транспортировка в технологическом процессе огнеопасных продуктов, перегретых выше температуры самовоспламенения;
- искрение силового и электроосветительного оборудования;
- разряды статического электричества;
- удары искрящим инструментом или другими металлическими предметами о металл или камень;
- самовозгорание промасленных обтирочных материалов, термополимера;
- перегрев подшипников и других трущихся частей в насосном, компрессорном оборудовании, вентиляционных установках;
- разгерметизация трубопроводов и аппаратов с последующим разливом продукта и загазованностью;
- совмещение проведения огневых и газоопасных работ» [27].

Закрепленная за отделением территория распределена на участки между сменами на основании распоряжения начальника установки. Ответственные за содержание территории – начальники смен.

«Перед началом работы начальник смены и обслуживающий персонал обязан принять у сдающей смены рабочие места и все средства пожаротушения в чистоте, исправности и в работоспособном состоянии» [27].

На объекте имеются следующие средства пожаротушения:

- огнетушители углекислотные ОУ-5, ОУ-20, ОУ-25, 2БР-2МА;
- огнетушители воздушно-пенные ОВП-100;
- пожарные посты (ПП) снабженные асбестовым полотном, ящиком с песком, лопатой, багром, ведром;

- водяной пар;
- ингаз;
- пожарные краны (ПК).
- лафетные стволы и кольца орошения.

Предусмотрена система АПС и СОУЭ.

В «операторной установлены:

- извещатели дымовые (на основном потолке в операторной, коридоре и тамбуре);
- извещатель пламени (за стендом приборов КИП);
- извещатель ручной (в коридоре)» [27].

«АПС предназначена для:

- определение первичных признаков пожара и определение очагов возгорания;
- передача управляющих сигналов в системы оповещения [17] и управления эвакуацией, а также на пульт, установленный в помещении с круглосуточным пребыванием дежурного персонала» [29].

Управление системой АПС [18] осуществляется с пультов контроля и управления С2000М в операторной отделения. Система АПС выдает сигналы «Неисправность», «Внимание», «Пожар», «требуется техническое обслуживание» на пульт контроля и управления С2000М. Дублирующий сигнал выходит в диспетчерскую ПЧ.

При возникновении аварийных ситуаций (в том числе пожаров) для предотвращения их развития предусмотрены:

- дистанционное закрытие быстродействующих отсекающих устройств с целью аварийного отключения и освобождения ёмкостей;
- дистанционное автоматическое закрытие пневмоотсекателя на линии жидкого аммиака из отделения Д-1а в отделение И-3 на линии жидкого аммиака из отделения Д-1а в отделение И-3;

- дистанционное автоматическое закрытие пневмоотсекателя на общей линии фракции изобутана-возврата из отделения Д-1а товарно-сырьевого цеха (ТСЦ).

«Помещения насосных станций установок пожаротушения обеспечиваются схемами противопожарного водоснабжения и схемами обвязки насосов. На каждой задвижке и насосном пожарном агрегате должна быть вывешена табличка с информацией о защищаемых помещениях, типе и количестве пожарных оросителей» [28].

В блок-боксе К-1 (автоматизированная компрессорная установка) смонтирована автоматическая система порошкового пожаротушения (АСПТ), с выдачей сигнала в операторную отделения на пульт управления компрессором и ПЧ-28

В блок-боксе К-1 смонтирована автоматическая система порошкового пожаротушения (АСПТ) состоящая из двух тепловых извещателей и модуля порошкового тушения.

При срабатывании одного теплового извещателя, на пульте управления компрессором коммутируется сигнал «Внимание», при срабатывании двух извещателей – «Пожар» [20]. АСПТ обеспечивает включение предупредительной сигнализации (мигающий красный фонарь на пульте управления и на входе в блок-бокс К-1) и с задержкой 60 с – включение цепи запуска модуля порошкового пожаротушения «БУРАН-8».

Предусмотрен дистанционный пуск установки который осуществляется от пускателя пожарного ручного (с надписью «Пуск пожаротушения») установленного на внешней стенке блок-бокса. При обнаружении возгорания в блок-боксе необходимо открыть защитную крышку, вытянуть шнур с кольцом и дернув за кольцо произвести запуск модуля порошкового пожаротушения.

Перечень аварий с оборудованием, имевших место на других аналогичных объектах, представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень аварий, имевших место на других аналогичных объектах

Дата аварии	Описание аварии
20.08.2013	В Луганской области в городе Рубежное на химическом предприятии «Химпоставщик» произошел пожар. В результате трое работников предприятия были госпитализированы в Рубежанскую центрально городскую больницу с ожогами различной степени тяжести. ЧП произошло на одном из складов учреждения в момент, когда работники переливали крайне огнеопасное вещество - толуол - из одной емкости в другую. Химикат внезапно вспыхнул, и огонь моментально охватил помещение склада, где хранились 200литровые бочки этиленгликоля.
11.05.2016	ОАО «Газпром газораспределение Воронеж» на межпоселковом газопроводе высокого давления Ду 159 мм от АГРС Айдарово до д. Богданово в районе 300 метров от федеральной тассы М-4 «Дон» произошло возгорание газозвдушной смеси и последующее горение газа, разрушение тела трубы на линейном участке газопровода от внешнего воздействия.
10.06.2016	АО «Тамбовнефтепродукт» на площадке нефтебазы по хранению и перевалке нефти и нефтепродуктов г. Тамбов, ул. Астраханская, д. 173 в резервуарном парке при проведении зачистки наземного резервуара хранения и перевалки бензина АИ-92 объемом 1000 м3 РВС-1000 №50 работниками подрядной организации ООО «Сфера- Строй», оказывающей услуги по зачистке РВС, произошло возгорание паровоздушной смеси внутри резервуара с последующим хлопком. В результате чего произошло частичное разрушение резервуара. Пострадал один человек

«Резервуары и цистерны являются источником повышенной опасности из-за наличия в них больших количеств пожаровзрывоопасных веществ. Наличие транспортировки цистерн может явиться причиной транспортных происшествий, а большое число ручных операций и «временных» (т.е. нестационарных) соединений увеличивает риск разгерметизации при операциях слива-налива. Важнейшими параметрами процессов являются давление и уровень заполнения емкостей, давление на выкиде насосов, уровень заполнения цистерн, недопущение их перегрева. В связи с этим особое значение имеет точное соблюдение технологического режима» [1].

«Объёмы отдельных теплообменных аппаратов не значительны, но эти аппараты представлены в большом количестве. По условиям технологического процесса исключено взаимное проникновение продукта и хладагента через стенки аппарата. Но под влиянием разного рода факторов» [1] – резкого изменения расхода сырья, охлаждающей среды, температуры, давления, при продолжительной эксплуатации в среде коррозионных веществ,

износа оборудования, взрывов на соседних блоках возможны:

- разгерметизация фланцевых соединений, крышек теплообменников;
- пропуск вальцовки труб в распределительной решетке;
- пропуск корпуса и сварных швов.

Все вышеперечисленные причины могут привести к высвобождению больших количеств опасных веществ с образованием парогазовых облаков больших размеров, взрыву и пожару на установке.

Анализ аварий показал, что нарушение регламента работ, требований охраны труда и промышленной безопасности при огневых и сварочных работах, проводимых вблизи или на территории резервуарных парков, являются одной из наиболее распространенных причин возникновения пожаров. Основными источниками зажигания в данном случае являются: искры от электросварки или открытое пламя горелок, фрикционные искры, бытовой огонь (несоблюдение режима курения, использование рабочими спичек, зажигалок), отсутствие или неисправность искрогасителей на двигателях внутреннего сгорания.

Фрикционные искры появляются при применении искроопасного инструмента, при разрушении движущихся узлов и деталей, при применении рабочими обуви, подбитой металлическими набойками и гвоздями, при попадании в движущиеся механизмы посторонних предметов, при ударе крышки металлического люка и т.д.

Причины, связанные с внешними воздействиями природного и техногенного характера:

К внешним воздействиям природного и техногенного характера можно отнести:

- грозовые разряды и разряды от статического электричества;
- землетрясения;
- снежные заносы и аномальное понижение (повышение) температуры воздуха;
- попадание оборудования в зону действия поражающих факторов



аварий, происшедших на соседних объектах;

– преднамеренные действия (диверсия).

Пожар в резервуарах, содержащих горючие жидкости или ЛВЖ, представляет собой один из основных рисков, связанных с резервуарными сооружениями. Независимо от причин возникновения пожаров, каждый резервуар должен быть оснащен стационарной системой пожаротушения [19].

Вывод по разделу.

В разделе определено, что метанол, применяемый в производстве, а также продукты, получаемые в процессе окисления его, токсичны, а при определенных концентрациях в воздухе образуют взрывоопасные и огнеопасные смеси.

Особую опасность представляют ошибки при пуске и остановке оборудования, ведении ремонтных, профилактических и других работ, связанных с неустойчивыми переходными режимами, с освобождением и заполнением оборудования и резервуаров опасными веществами. В случае неправильных действий персонала существует возможность разгерметизации систем и возникновения аварийной ситуации.

### **3 Разработка инженерно-технических решений по обеспечению наружного пожаротушения резервуаров для хранения углеводородов**

Как показывает статистика инцидентов на аналогичных объектах, аварийные ситуации могут возникать вследствие «разгерметизации корпуса резервуара и утечки нефтепродукта с последующим возгоранием, а также из-за самовозгорания пирофорных отложений, от разрядов статического и атмосферного электричества, при нарушении правил пожарной безопасности, при проведении различного рода работ и других причин» [27].

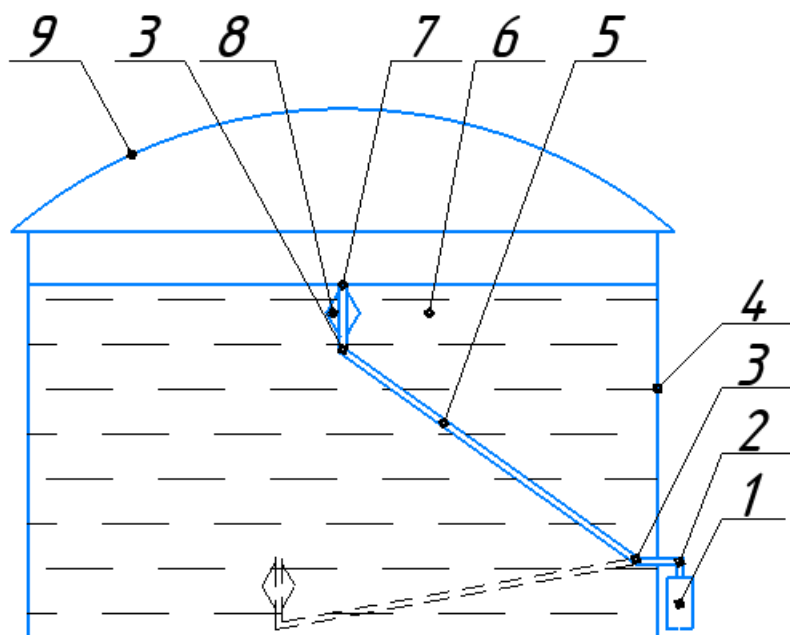
«При тушении пожаров в резервуарных парках нужно учитывать следующие обстоятельства:

- эти пожары могут оказаться затяжными (как показано в работах, время тушения может затянуться на несколько десятков часов, а то и суток);
- кольцевая защитная стенка может препятствовать охлаждению основной стенки горящего и охлаждаемых резервуаров;
- при взрыве ПВС возможно образование «карманов» из-за перекашивания понтона и неполного срыва стационарной крыши, а также полный или частичный отказ стационарных систем пожаротушения» [27].

Рассмотрим Патент RU2429082 – Способ и устройство для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуаре (рисунок 1).

«Подачу ГДС ведут одновременно из генераторов, плавающих на поверхности жидкости, находящейся в резервуаре, и расположенных как по периметру резервуара, так и в его центре, причем результирующий вектор горизонтального распыла периферийных генераторов направлен к центру, а центральных – к периферии, результирующий вектор распыла периферийных генераторов в верхнюю полусферу направлен к центру объема пламени,

центрально расположенных генераторов - от центра зеркала горячей поверхности к периферии под углом  $90^\circ$  к вышеуказанному вектору» [22].



1 - модуль-инжектор газодисперсной смеси; 2 - пуско-запорное устройство;  
3 - шарниры; 4 - корпус РВС; 5 - выпускной трубопровод; 6 - нефть или нефтепродукты;  
7 - круговой распылитель; 8 - поплавок распылителя;  
9 - фиксированная крыша.

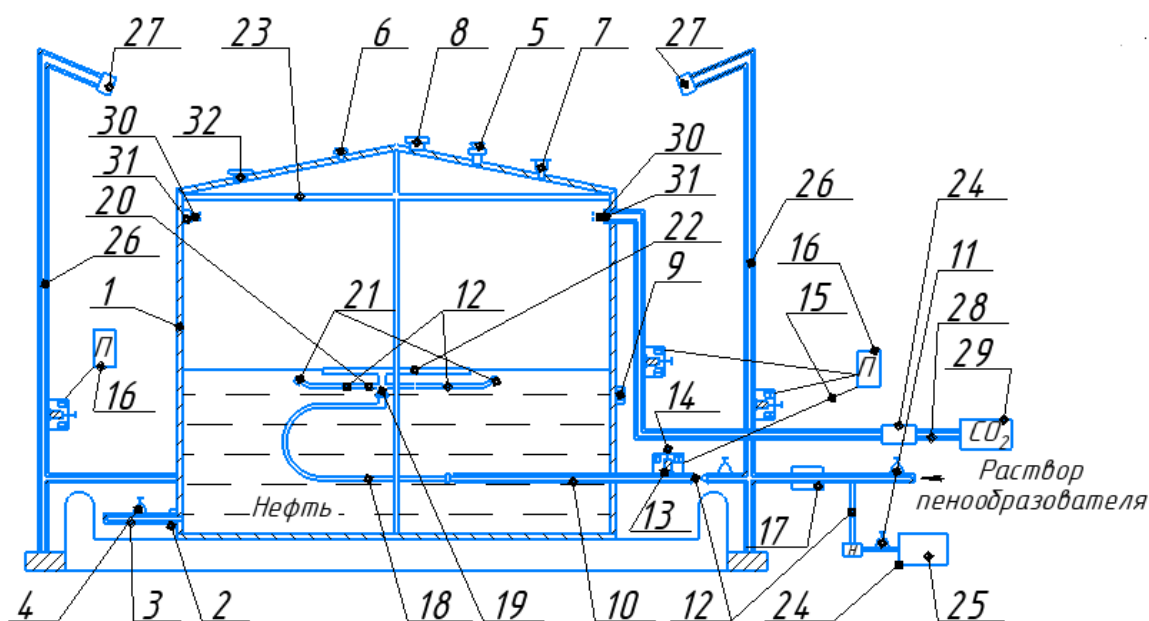
Рисунок 1 – Способ и устройство для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуаре

Основной недостаток этого способа – взрывонеустойчивость, т.е. при взрыве паров ЛВЖ, ГЖ происходит демонтаж плавающих на поверхности жидкости в РВС устройств и их выброс вне резервуара.

Рассмотрим Патент RU147941 – «Комплексная установка тушения пожаров нефти в вертикальных стальных резервуарах и их обвалованиях с использованием стационарных пеноподъемников» [3], представленный на рисунке 2.

«Установка состоит из газопровода, оборудованного изотермическим модулем с углекислым газом, емкости с огнетушащим порошковым составом, кольцевого газопровода с насадками для выпуска газодисперсной смеси,

стационарных пеноподъемников с пенокамерами, пенопровода, соединенного с дозирующим блоком и жестко связанным с трубопроводом разводки, закрепленной на плавающей тарелке и пенными насадками. При этом пеноподъемники, пенопровод и газопровод имеют отдельные электромагнитные клапаны, для одновременной или раздельной подачи пены и газодисперсной смеси. Технический результат достигается одновременной или раздельной подачей раствора пенообразователя смешанного с дозирующей жидкостью в верхний слой нефти, на крышу резервуара и в обвалование, а также подачей газодисперсной смеси сверху резервуара. В результате образования слоев пены и газодисперсной смеси и прекращения доступа кислорода воздуха пожар в резервуаре прекращается» [3].



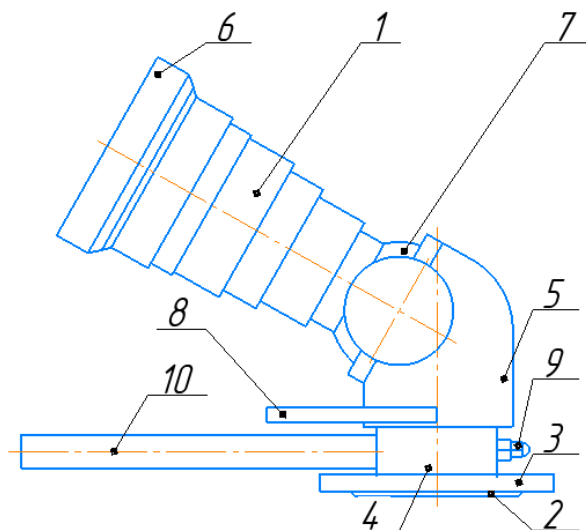
1 - резервуар; 2 - приемный патрубок; 3 - трубопровод; 4 - задвижка; 5 - дыхательный клапан; 6 - световой люк; 7 - замерный люк; 8 – вентиляционный патрубок; 9 - люк-лаз; 10 - пенопровод; 11 - задвижки; 12 - обратные клапаны; 13 - электромагнитные клапаны; 14 - устройство ручного открытия; 15 - линия связи; 16 - пусковое устройство; 17 - пеногенератор; 18 - металлический гибкий рукав; 19 - трубопровод; 20 - разводка; 21 - пенные насадки; 22 - плавающая тарелка; 23 - фермы; 24 - емкость; 25 - дозирующая жидкость; 26 - стационарные пеноподъемники; 27 - пенокамеры; 28 - газопровод; 29 - изотермический модуль; 30 - насадки; 31 - внутренний кольцевой газопровод; 32 - дополнительный дыхательный клапан повышенной производительности.

Рисунок 2 – Комплексная установка тушения пожаров нефти в вертикальных стальных резервуарах и их обвалованиях с использованием стационарных пеноподъёмников

Необходимо отметить, что предложенная полезная модель является надежной в эксплуатации и позволяет в более короткие сроки потушить пожар, как в резервуаре и на его крыше, так и в обваловании.

Рассмотрим Патент RU2690634 – «Способ тушения пожаров на крупных резервуарах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и устройство для его осуществления» [23], представленный на рисунке 3.

«Изобретение относится к нефтехимической промышленности и касается ликвидации аварий, возникающих на резервуарах емкостью от 5 до 260 тыс.м<sup>3</sup> с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими жидкостями, результатом которых является пожар горючих жидкостей. Сущность способа в том, что из устройств тушения сверху резервуара на внутреннюю его стенку подают одновременно и синхронно несколько струй огнетушащей пены горизонтально по стенке резервуара в одну сторону с напором, обеспечивающим образование около стенки резервуара кольцевого слоя огнетушащей пены, причем несколько струй огнетушащей пены образуют соответствующее количество колец пены на поверхности горячей жидкости за счет изменения угла поворота устройств тушения для каждой струи, количество струй огнетушащей пены соответствует количеству устройств тушения, радиусы колец непрерывно уменьшаются до полного их сокращения в центре резервуара, при этом весь процесс тушения пожара разбит на несколько этапов. Устройство для реализации способа тушения содержит лафетный ствол 1 на стойке 4 с фланцем 3, входным и выходным патрубками 2, 5, которые связаны шарнирным соединением 7. Гидропривод, введенный в устройство для замены пожаровзрывоопасного электропривода, кронштейном 10 закреплен на стойке 4 лафетного ствола 1, содержит главный цилиндр 11 с поршнем 12, управляющим выдвижным штоком 13 с зубчатой рейкой, центральной трубкой питания 14, выполненной с отверстиями 15 в ее стенке и сообщаемой с каналом 16 подачи пенообразующего раствора пенообразователя» [23].



1 - лафетный ствол; 2 - входной патрубок; 3 - фланец; 4 - стойка; 5 - выходной патрубок;

Рисунок 3 – Способ тушения пожаров на крупных резервуарах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и устройство для его осуществления

Для достижения полной пожаровзрывобезопасности всей системы пожаротушения предлагается заменить все электроприводы системы пожаротушения на гидроприводы. Причем, в качестве рабочего тела в гидросистеме управления процессом тушения предлагается использовать сам раствор пенообразующей жидкости [2].

Потребность в быстром обнаружении и тушении пожара приобрела первостепенное значение и подтолкнула пожарную промышленность к разработке систем пожаротушения, которые будут действовать при возникновении пожара на ранних стадиях его развития. Фактически, каковы бы ни были причины, когда в резервуаре с ЛВЖ возникает пожар и это явление происходит в зоне уплотнения бортика, необходима быстрая и эффективная противопожарная система, чтобы избежать катастрофического развития событий. В связи с этим рекомендуется использовать системы пенного пожаротушения.

Системы пенного пожаротушения в большинстве случаев являются единственным подходящим решением для защиты от особых опасностей. Они

широко используются в химической, нефтехимической промышленности для защиты от возгорания легковоспламеняющихся жидкостей. Основными компонентами систем вспенивания являются дозаторы и устройства для выпуска пены. В обязанности дозатора входит смешивание воды с концентратом пены в точном соотношении, которое будет подаваться в устройство для выпуска пены. На этом заключительном этапе образуется пена, добавляющая воздух к раствору вода / пена, чтобы инициировать процесс эмульгирования пены [21].

Было доказано, что эти системы эффективны, но время, необходимое для их ввода на тушение пожара, может быть недопустимо долгим. В связи с этим необходима дополнительная противопожарная система, способная действовать быстрее и эффективнее. Автоматическая система пожаротушения Niagara – это решение, позволяющее справиться с загоранием на начальной стадии и с помощью своих приборов подавать сигналы для включения традиционных противопожарных систем.

С точки зрения пожарной техники, существуют два признанных метода пожаротушения, используемых для обнаружения и тушения пожара в резервуарном парке. Первый – с помощью установок пожаротушения на основе пены, тогда как второй основан на галогенуглеродных составах типа Хладон 114В2.

Пены, образующиеся при производстве AFFF тушат возгорание углеводородных легковоспламеняющихся жидкостей таким же образом, как белковые или фторбелковые пены; «однако есть дополнительная особенность. Водная пленка образуется на поверхности легковоспламеняющейся жидкости под действием пенного раствора по мере того, как он стекает. Эта пленка очень текучая и плавает на поверхности большинства углеводородных топлив. Это обеспечивает AFFF непревзойденную скорость в борьбе с огнем и ликвидации последствий типичного пожара при разливе углеводородов. При определенных обстоятельствах можно заметить, что огонь тушится

«невидимой» пленкой еще до того, как поверхность топлива полностью покроется вспененным слоем» [28].

«Пенные растворы AFFF можно наносить на легковоспламеняющуюся жидкость при пожаре с помощью аспирационных или не аспирационных выпускных устройств. Разница между ними заключается в том, что устройство для отсасывания воздуха захватывает воздух и заставляет его смешиваться с пенным раствором внутри устройства» [27].

«Раствор AFFF требует относительно низких энергозатрат для вспенивания раствора в вспененную массу» [27].

«Пенные растворы AFFF уникальны тем, что помимо образования вспененной массы, жидкость, стекающая с покрытия, обладает низким поверхностным натяжением, что придает ей способность образовывать водную пленку, которая плавает на поверхности ЛВЖ» [27].

«Когда скорости потока и давления одинаковы, решения AFFF, используемые с выпускным устройством без аспирации воздуха, как правило, выпускают пену на большее расстояние, чем пена, которая выпускается из выпускного устройства без аспирации воздуха. AFFF без аспирации, как правило, тушит пожар при разливе топлива под низким давлением паров немного быстрее, чем пена, выпускаемая из устройства для всасывания воздуха. Это связано с тем, что пена, образующаяся при безнапорной форсунке, имеет меньшее расширение и будет более текучей; следовательно, она будет быстрее перемещаться по поверхности топлива. Пенные растворы AFFF уникальны тем, что помимо образования вспененной массы, жидкость, стекающая с пенопластового покрытия, обладает низким поверхностным натяжением, что придает ей способность образовывать водную пленку, которая плавает на поверхности ЛВЖ» [27].

«При использовании пены AFFF техника нанесения не так важна, как при использовании протеинов или фторбелков. Пену AFFF также можно успешно использовать методом подслоного тушения» [27].

AR-AFFF выпускаются в виде 3-6 %-ного или 3-3 %-ного концентрата.



Легковоспламеняющиеся жидкости, которые легко смешиваются с водой, труднее тушить, в отличие от возгорания углеводородов. Полярные растворители и спиртовые жидкости разрушают любой вспененный слой, который был получен с использованием стандартных концентратов типа AFFF. Вода в образующемся пенопокрытии смешивается со спиртом, в результате чего пенопластовый слой разрушается и исчезает до тех пор, пока поверхность топлива снова полностью не обнажится. Чтобы преодолеть эту проблему, были разработаны концентраты типа AR-AFFF. При использовании обычного концентрата AFFF в качестве основного материала в процессе производства добавляется высокомолекулярный полимер. Когда AR-AFFF используется при пожаре на ЛВЖ с полярным растворителем, топливо с полярным растворителем пытается поглотить воду из вспененного слоя. Полимер выпадает в осадок, образуя физическую мембрану и барьер между поверхностью ЛВЖ и вспененным слоем. Этот барьер защищает образующийся слой пены от разрушения спиртовым топливом.

Концентраты AR-AFFF очень вязкие. Такой внешний вид обусловлен присутствием полимеров, которые являются основными компонентами, необходимыми для применения в полярных растворителях. Современные концентраты AR-AFFF предназначены для работы с дозирующим оборудованием, таким как встроенные эжекторы, баллонные резервуары и насосные системы сбалансированного давления.

Концентрат типа AR-AFFF 3 % -6 % предназначен для использования в количестве 3 % при пожаре на стандартном углеводородном топливе и 6 % при пожаре на полярном растворителе/спиртовом топливе.

Концентрат Фторпротеиновой пены выпускается в виде 3%-ного или 6 %-ного концентрата. Этот продукт производится с добавлением фторуглеродистых поверхностно-активных веществ. Добавление этих поверхностно-активных веществ в концентрат улучшает характеристики фторпротеиновой пены по сравнению с белковой пеной в двух областях.

Это делает фторпротеиновую пену более устойчивой к загрязнению топливом и делает пенопластовый слой более подвижным при попадании на легковоспламеняющуюся жидкость. Поскольку фторпротеиновая пена более устойчива к загрязнению топлива, она позволяет наносить пену непосредственно на поверхность топлива, и пенопластовый слой не будет настолько насыщен парами топлива. Этот тип пены можно использовать с пеногенератором высокого противодавления, используя подземный метод нагнетания вспененной пены в основание резервуара для хранения углеводородного топлива с конической крышей. Вспененная пена попадает на дно резервуара для хранения, затем всплывает через легковоспламеняющуюся жидкость на поверхность, где она покрывает поверхность пенопластовым одеялом. Фторбелковая пена иногда используется в промышленности по переработке углеводородов для тушения пожаров в резервуарах-хранилищах. Ее необходимо использовать с устройствами для отвода воздуха.

FFFF является производным AFFF и фторбелка. Эти концентраты основаны на фторбелковых композициях, в которые добавлено повышенное количество фторуглеродных поверхностно-активных веществ. Концентраты FFFP были разработаны для получения быстрого разрушения AFFF с дополнительной стойкостью к обратному выгоранию стандартной фторбелковой пены. Похоже, что коэффициент полезного действия концентрата FFFP находится где-то между AFFF и фторбелком. Концентраты FFFP не обладают таким быстрым разрушением, как концентраты AFFF, при использовании в случае аварийного разлива, такого как авиакатастрофа или разлив на шоссе. При использовании в качестве топлива для глубоких пожаров они не обладают такой стойкостью к выгоранию, как фторбелок. Пену FFFP можно получать как с помощью воздуходувных, так и безвоздушных форсунок. При использовании через форсунку без всасывания воздуха они не обеспечивают такой высокой степени расширения, как AFFF при использовании через форсунку того же типа.

Противопожарные мониторы серии Niagara представляют собой одну из самых передовых серий автоматических мониторов, доступных на сегодняшний день для пожарной промышленности. Мониторы сконструированы таким образом, чтобы выдерживать экстремально суровые и неблагоприятные условия окружающей среды, благодаря чему конструкторы изготавливают прочные отливки из бронзы и алюминиево-бронзового сплава с диаметром отверстий от 3” до 6”.

Гидравлический монитор Niagara – это традиционная конфигурация мониторов с дистанционным управлением. Для этого требуется гидравлический силовой агрегат, который перекачивает масло в различные металлические трубки. Каждая трубка приводит в движение гидравлический привод, управляющий движением монитора. Для каждого гидравлического привода SA Fire всегда включает в себя аварийный маховик для каждого перемещения, который используется на месте для управления основной передачей энергии.

Эти пожарные мониторы поставляются с гидравлическим блоком питания, установленным под самим монитором, образуя уникальный автономный блок, который соединяет электрический интерфейс с пультом дистанционного управления, а гидравлический интерфейс – с приводами монитора.

Привод Niagara может вращаться в горизонтальной плоскости от упора до упора на 360°.

Мониторами можно управлять простыми станциями дистанционного управления или программируемыми логическими контроллерами(PLC). В таких случаях системы могут быть построены с реализацией дополнительных программных функций и параметров надежности, которые позволяют использовать пакеты автоматического мониторинга, совместимые с SIL2.

Niagara имеют форму, позволяющую выдерживать высокие потоки раствора пенообразователя, распределяя силу реакции таким образом, чтобы не нарушать конструкцию монитора.

Каждая трубка приводит в движение гидравлический привод, управляющий движением монитора. В

Механические соединения монитора с револьверной головкой встроены в корпус мониторов, что упрощает установку. Под турелью операторам технического обслуживания доступны сервисные элементы управления для включения и отключения монитора. Это сделано для защиты операторов от травм в результате любых ошибочных удаленных операций, которые могут исходить с наземных станций. Вращающаяся платформа сверху может поворачиваться на 360°, позволяя мониторам с дистанционным управлением свободно перемещаться по всей горизонтальной плоскости.

Панели управления мониторами используются для подачи команд, сигнализации положения монитора и состояния автоматических мониторов. Для каждого монитора панель оснащена джойстиком для горизонтального и вертикального перемещения монитора, джойстиком для управления потоком (вода / пена) и двумя парами кнопок для управления клапанами подачи воды и пены.

Специальное программное обеспечение для визуализации также доступно для конкретных требований диспетчерской.

Предложенная система пожаротушения Niagara представляет собой комплект с интегрированной линейной системой обнаружения пожара. Установка предназначена для быстрого обнаружения и тушения за счет распыления огнетушащего вещества непосредственно в зоне загорания с помощью осциллирующих лафетных стволов.

Устройство установлено наверху крыши резервуара, линия обнаружения проходит вдоль всего периметра резервуара. Система рассчитана на подачу огнетушащих веществ за очень короткое время, варьируемое от 30 до 40 секунд, для тушения пожара и предотвращения распространения огня.

После активации системы пожаротушения водно-пенный раствор дозируется на смесительной станции, а затем перекачивается в камеры для пены. Как только поток приближается к пенным камерам, он проходит через

дозированное отверстие, которое ускоряет его движение, создавая отрицательное давление, которое притягивает воздух в камеру. Этот воздух смешивается с потоком и позволяет раствору инициировать процесс расширения.

Из-за уплотнения выход пены задерживается до тех пор, пока давление не поднимется до точки установки уплотнения, где оно разрушается и открывается камера. При нарушенном уплотнении пена свободно вытекает в камеру для пены, что благодаря своей геометрии способствует расширению пены и снижает скорость потока. Подсоединенный к выпускному отверстию камеры для пены на внутренней стороне корпуса резервуара, дозатор позволяет аккуратно подавать пену к внутренней стороне корпуса, избегая прямого контакта с горящими жидкостями. Как только пена попадает на поверхность горячей жидкости, она действует путем отделения кислорода от горючей жидкости, подавляя огонь до тех пор, пока не будет достигнуто его тушение. Слой пены остается на поверхности ЛВЖ после тушения, предотвращает любую возможность повторного возгорания.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что потребность в быстром обнаружении и тушении пожара приобрела первостепенное значение и подтолкнула пожарную промышленность к разработке систем пожаротушения, которые будут действовать при возникновении пожара на ранних стадиях его развития.

В разделе разработана инновационная модель автоматического пожаротушения резервуаров с ЛВЖ и СУГ при помощи осциллирующих лафетных стволов с дистанционным управлением.

Серия пожарных мониторов SA Fire Niagara представляют собой гидравлические осциллирующие лафетные стволы с дистанционным управлением, предназначенные для подачи большого количества воды или водно-пенного раствора к удаленным зонам тушения.

## 4 Охрана труда

В соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [8] произведём оценку профессиональных рисков.

Организация должна оценить опасности, возникающие в связи с этой трудовой деятельностью, и внедрить эффективные меры контроля для снижения воздействия на работника [10].

Оценка рисков включает в себя тщательное изучение того, что в процессе работы может причинить вред людям. Затем можно будет решить, были ли приняты достаточные меры предосторожности или необходимо сделать больше для предотвращения вреда. Задача состоит в том, чтобы исключить или, по крайней мере, снизить вероятность несчастных случаев, травм или ухудшения здоровья, возникающих в результате рабочей деятельности и выполнения задач.

Методология управления рисками начинается с оценки рисков, которая выявляет опасности и характеризует вероятность. Далее проводится оценка воздействия опасностей, за которой следуют мероприятия по снижению рисков. Эти шаги необходимо время от времени пересматривать для поддержания эффективности управления рисками [25].

Реестр рисков на рабочих местах машиниста установок, оператора установок и газоспасателя АСФ представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Реестр рисков

Опасность	ID	Опасное событие
Неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов	2.1	Травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов, от которых защищают СИЗ

Продолжение таблицы 4

Опасность	ID	Опасное событие
Скользкие, обледенелые, за жиренные, мокрые опорные поверхности	3.1	Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам
Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.2	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности
	3.3	Падение из-за отсутствия ограждения, из-за обрыва троса, в котлован, в шахту при подъеме или спуске при нештатной ситуации
	3.4	Падение из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот
	3.5	Падение с транспортного средства
Обрушение наземных конструкций	6.1	Травма в результате заваливания или раздавливания
Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.1	Наезд транспорта на человека
	7.2	Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия
	7.3	Раздавливание человека, находящегося между двумя сближающимися транспортными средствами
	7.4	Опрокидывание транспортного средства при нарушении способов установки и строповки грузов
	7.5	Опрокидывание транспортного средства при проведении работ
Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
	13.2	Ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
	13.3	Тепловой удар при длительном нахождении в помещении с высокой температурой воздуха

Продолжение таблицы 4

Опасность	ID	Опасное событие
Поверхности, имеющие высокую температуру (воздействие конвективной теплоты)	13.8	Тепловой удар от воздействия окружающих поверхностей оборудования, имеющих высокую температуру
	13.9	Ожог кожных покровов работника вследствие контакта с поверхностью имеющую высокую температуру
Охлажденная поверхность, охлажденная жидкость или газ	14.1	Заболевания вследствие переохлаждения организма, обморожение мягких тканей из-за контакта с поверхностью, имеющую низкую температуру, с охлажденной жидкостью или газом
Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	22.1.	Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме
Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением
	27.2	Отсутствие заземления или неисправность электрооборудования
	27.3	Нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение СИЗ
	27.4	Воздействие электрической дуги
Шаговое напряжение	27.5	Поражение электрическим током
Искры, возникающие вследствие накопления статического электричества, в том числе при работе во взрывопожароопасной среде	27.6	Ожог, пожар или взрыв при искровом зажигании взрывопожароопасной среды
Наведенное напряжение в отключенной электрической цепи	27.7	Поражение электрическим током

Оценка вероятности представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	«Практически исключено» [9]. «Зависит от следования инструкции» [9]. «Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки» [9].	1



Продолжение таблицы 5

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
2	Маловероятно	«Сложно представить, однако может произойти» [9] «Зависит от следования инструкции» [9]. «Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки» [9].	2
3	Возможно	«Иногда может произойти» [9]. «Зависит от обучения (квалификации)» [9]. «Одна ошибка может стать причиной аварии/инцидента/несчастного случая» [9].	3
4	Вероятно	«Зависит от случая, высокая степень возможности реализации» [9]. «Часто слышим о подобных фактах» [9]. «Периодически наблюдаемое событие» [9].	4
5	Весьма вероятно	«Обязательно произойдет» [9]. «Практически несомненно» [9]. «Регулярно наблюдаемое событие» [9].	5

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	Катастрофическая	«Групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек)» [9]. «Несчастный случай на производстве со смертельным исходом» [9]. «Авария» [9]. «Пожар» [9].	5
4	Крупная	«Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней)» [9]. «Профессиональное заболевание» [9]. «Инцидент» [9].	4
3	Значительная	«Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней» [9] «Инцидент» [9]	3
2	Незначительная	«Незначительная травма - микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь» [9]. «Инцидент» [9]. «Быстро потушенное загорание» [9].	2

Продолжение таблицы 6

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
1	Приемлемая	«Без травмы или заболевания» [9]. «Незначительный, быстроустраняемый ущерб» [9].	1

По результатам идентификации опасностей заполнена Анкета (таблица 7) в соответствии Приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков».

Таблица 7 – Анкета для идентификации значимости оценки риска

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, A	Коэффициент A	Тяжесть последствий, U	Коэффициент U	Оценка риска R	Значимость оценки риска
Машинист установок	8	8.1	Возможно	3	Крупная	4	12	Средний
	27	27.1	Маловероятно	2	Крупная	4	8	Низкий
Газоспасатель АСФ	7	7.2	Вероятно	4	Значительная	3	16	Средний
	27	27.6	Вероятно	4	Катастрофическая	5	20	Высокий
Оператор установок	3	3.1	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий

Количественная оценка риска рассчитывается по формуле 1.

$$R=A \cdot U, \quad (1)$$

где A – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

Оценка риска, R:

- 1-8 (низкий);
- 9-17 (средний);
- 18-25 (высокий).

После получения оценки уровня риска должно быть вынесено решение относительно приемлемости этого риска. Учитывая приведенное выше уравнение, события с тяжелыми последствиями должны происходить очень редко, а очень частые события должны иметь незначительные последствия. Частые события с тяжелыми последствиями представляют «неприемлемый» риск. Возможно, имеет смысл работать с «вероятностью», а не с «тяжестью», поскольку тяжесть вреда является измерением риска, то есть вероятности воздействия определенного типа опасности, приводящего к негативному результату. Учитывая трудности работы на индивидуальном уровне, их можно рассчитать для конкретной рабочей силы, на групповом или организационном уровне.

Меры управления рисками представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Меры управления рисками

Должность/ профессия	Идентификация опасности	Принимаемые меры	Необходимые дополнительные меры по воздействию на риск
Газоспасатель АСФ	Ожог в результате пожара или взрыва взрывопожароопасной среды	Контроль взрывопожароопа сной среды	Использование персональных газоанализаторов.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что оценка данных, полученных в результате оценки риска, включает в себя ряд этапов. Этот процесс включает в себя расчет факторов риска для персонала в целом, идентификацию групп «высокого риска» и отдельных лиц, понимание связей между воздействием и последствиями, а также оценку приемлемости выявленных рисков.

Установлено, что не приемлемый профессиональный риск идентифицирован на рабочем месте газоспасателя, но благодаря разработанным мероприятиям он может быть снижен до приемлемого уровня.

## 5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Оценка антропогенной нагрузки [6] отделения Д1а ООО «Тольяттикаучук» на окружающую среду представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Антропогенная нагрузка колледжа на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы
ООО «Тольяттикаучук»	Отделение Д1а	Газообразные	Сточные воды	ТКО
Количество в год		0,121512 т.	-	47,50 т.

Сведения о применяемых на объекте технологиях и соответствие наилучшей доступной технологии представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Сведения о применяемых на объекте технологиях

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Отделение Д1а	Очистка выбросов в атмосферу	Нет

Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень загрязняющих веществ

Номер ЗВ	Наименование загрязняющего вещества
1	Азота диоксид
2	Азот (II) оксид
3	Углерод оксид

Отчёт по производственному экологическому контролю [12] на предприятии представлен в таблицах 12-14.

Таблица 12 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8/гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
Номер	Наименование	Номер	Наименование							
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Отделение Д1а	0125	Факельная установка	Азота диоксид	0,030764	0	0	2021-12-15	0	0
				Азот (II) оксид	0,030764	0	0	2021-12-15	0	0
				Углерод оксид	0,059984	0	0	2021-12-15	0	0
Итого	–	–	–	–	0,121512	0	0	-	0	0

Таблица 13 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений, включая результаты технологического контроля эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков

Тип очистного сооружения	Год ввода в эксплуатацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м <sup>3</sup> /сут.; тыс. м <sup>3</sup> /год			Наименование загрязняющего вещества или микроорганизма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм <sup>3</sup>			Эффективность очистки сточных вод, %	
			проектный	допустимый, в соответствии с разрешительным документом на право пользования водным объектом	фактический			проектное	допустимое, в соответствии с разрешением на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты	фактическое	проектная	фактическая
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16	17
Очистные сооружения отсутствуют												

Таблица 14 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов за отчётный 2023 год

Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
			Хранение	Накопление				
Отработанные компрессорные масла	4 06 166 01 31 3	3	0	0	6,45	0	6,45	0
Отходы, содержащие незагрязненные черные металлы (в том числе чугунную и/или стальную пыль), несортированные	4 61 010 03 20 4	4	0	0	17,50	0	17,50	0
Смет с территории предприятия	7 33 390 01 71 4	4	0	0	21,50	0	17,50	0
Обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов 15 % и более) [11]	91920401603	3	0	0	2,05	0	2,05	0

Продолжение таблицы 14

Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн							
Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения		
11	12	13	14	15	16		
6,45	6,45	0	0	0	0		
17,50	17,50	0	0	0	0		
21,50	0	0	0	0	21,50		
2,05	0	0	2,05	0	0		
Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн						Наличие отходов на конец года, тонн	
Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	Хранение	Накопление	
17	18	19	20	21	22	23	
6,45	0	0	0	0	0	0	
17,50	0	0	0	0	0	0	
21,50	0	0	0	0	0	0	
2,05	0	0	0	0	0	0	



Места сбора и временного хранения отходов организованы с соблюдением мер экологической безопасности, оборудованы в соответствии с классами опасности и физико-химическими характеристиками отходов.

Вывод по разделу.

В разделе определена антропогенная нагрузка организации на окружающую среду.

Опасность загрязнения окружающей среды и отравления персонала обусловлена возможностью выброса в воздух рабочей зоны вредных веществ (метанола, формалина) в случае разгерметизации оборудования, в результате нарушения правил эксплуатации, норм технологического режима, порядка проведения ремонтных работ.

Различные последствия промышленной деятельности для окружающей среды, отмеченные в вышеприведенных таблицах, указывают на настоятельную необходимость сбалансировать ее подавляющие преимущества с негативными последствиями для обеспечения устойчивого развития производства.

## 6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В разделе разработана инновационная модель автоматического пожаротушения резервуаров с ЛВЖ и СУГ при помощи осциллирующих лафетных стволов с дистанционным управлением.

Серия пожарных мониторов SA Fire Niagara представляют собой гидравлические осциллирующие лафетные стволы с дистанционным управлением, предназначенные для подачи большого количества воды или водно-пенного раствора к удаленным зонам тушения. С точки зрения безопасности и доступности архитектура монитора с дистанционным управлением состоит из логического контроллера и одного или нескольких конечных элементов (узла монитора). Логический контроллер является сердцем

План мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлен в таблице 15.

Таблица 15 – План реализации мероприятий

Мероприятия	Срок исполнения
Проектирование системы пожаротушения при помощи осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а	Июнь 2025 года
Монтаж системы пожаротушения при помощи осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а	Июль 2025 года
Пуско-наладочные работы	Сентябрь 2025 года

Мониторы Niagara были оценены как подходящие для систем безопасности с ожидаемым уровнем SIL2.

Повышенные показатели надежности мониторов серии Niagara связаны с их особой конструкцией, которая позволяет выполнять автоматический анализ с самодиагностикой. Через регулярные промежутки времени система самодиагностики, реализованная в логическом контроллере, проверяет правильность работы исполнительных механизмов монитора по заданным

командам, позволяя постоянно отслеживать любые возможные неисправности монитора и форсунки. В случае неисправного состояния на станцию управления отправляется предупреждающий сигнал.

Экономический эффект будет заключаться в снижении времени свободного развития пожаров в результате раннего обнаружения и тушения пожара.

Расчёт ожидаемых потерь ООО «Тольяттикаучук» от пожаров будет производиться по двум вариантам:

- на резервуарах Д1а установлены лафетные стволы, подача огнетушащих средств из которых будет осуществляться по мере прибытия личного состава пожарной охраны Тольяттинского гарнизона;
- на резервуарах Д1а установлены осциллирующие гидромониторы дистанционного управления.

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Единицы измерения	Условные обозначения	1 (до реализации мероприятий)	1 (до реализации мероприятий)
«Площадь объекта» [4]	м <sup>2</sup>	F	3456	
«Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов» [4]	руб./м <sup>2</sup>	C <sub>T</sub>	55000	55000
Стоимость поврежденных частей здания	руб/м <sup>2</sup>	C <sub>к</sub>	10000	
«Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения» [4]	м <sup>2</sup>	F'' <sub>пож</sub>	3456	3456
«Площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения» [4]	м <sup>2</sup>	F* <sub>пож</sub>	-	100
«Вероятность возникновения пожара» [4]	1/м <sup>2</sup> в год	J	5·10 <sup>-5</sup>	
«Площадь пожара на время тушения первичными средствами» [4]	м <sup>2</sup>	F <sub>пож</sub>	4	

Продолжение таблицы 16

Показатель	Единицы измерения	Условные обозначения	1 (до реализации мероприятий)	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [4]	-	$p_1$	0,79	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [4]	-	$p_2$	0,95	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [4]	-	$p_3$	0,86	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [4]	-	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [4]	-	$k$	1,63	
«Линейная скорость распространения горения по поверхности» [4]	м/мин	$V_{л}$	1,5	
«Время свободного горения» [4]	мин	$B_{св}$	12	5
«Норма текущего ремонта» [4]	%	$H_{т.р.}$	-	5
«Норма амортизационных отчислений» [4]	%	$H_a$	-	10
Заработная плата 1 работника	руб/мес	ЗПЛ	0	36000
«Период реализации мероприятия» [4]	лет	$T$	10	

Возможный выход из строя традиционного электрического монитора с дистанционным управлением может быть обнаружен только при проведении периодического технического обслуживания и тестов. Постоянный мониторинг состояния системы, реализованный в серии мониторов Niagara monitor, позволяет обнаруживать возможные неисправности и устранять их, когда система противопожарной защиты находится в «безопасном состоянии», что резко повышает надежность всей противопожарной системы в случае необходимости. Такое усовершенствование снижает вероятность того, что неисправности, возникающие в промежутках между регулярными интервалами технического обслуживания, останутся незамеченными.

Рассчитаем площадь пожара при тушении привозными средствами по формуле 2:

$$F'_{\text{пож}} = \pi \times (v_{\text{л}} \cdot B_{\text{св}})^2, \text{ м}^2, \quad (2)$$

где  $v_{\text{л}}$  – «линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{\text{св}}$  – время свободного горения, мин.» [4]

$$F1_{\text{пож}} = 3,14 \times (1,5 \times 12)^2 = 1017 \text{ м}^2,$$

$$F2_{\text{пож}} = 3,14 \times (1,5 \times 5)^2 = 176,6 \text{ м}^2,$$

Произведём расчёт ожидаемых потерь от пожаров по формуле 3.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4), \quad (3)$$

где  $M(\Pi_1)$  – «математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;

$M(\Pi_2)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, ликвидированных подразделениями пожарной охраны;

$M(\Pi_3)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [4]:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F'_{\text{пож}} \cdot (1+k) \cdot p_1; \quad (4)$$

где  $J$  – «вероятность возникновения пожара,  $1/\text{м}^2$  в год;

$F$  – площадь объекта,  $\text{м}^2$ ;

$C_T$  – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{пож}}$  – площадь пожара на время тушения первичными средствами;

$p_1$  – вероятность тушения пожара первичными средствами;

$k$  – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [4].

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_{\text{к}}) \cdot 0,52 \cdot (1+k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \times p_3] \cdot p_2 \quad (5)$$

где  $p_2$  – «вероятность тушения пожара привозными средствами;

$C_k$  – стоимость поврежденных частей здания, руб./м<sup>2</sup>;

$F'_{\text{пож}}$  – площадь пожара за время тушения привозными средствами»  
[4].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot [1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_2] \quad (6)$$

где  $F''_{\text{пож}}$  – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения,  
м<sup>2</sup>.

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot \{1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_3 - [1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (7)$$

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 3456 \times 55000 \times 4 \times (1+1,63) \times 0,79 = 78985,84 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 3456 \times (55000 \times 1017 + 10000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,95 = \\ = 2637588,30 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 3456 \times (55000 \times 3456 + 10000) \times (1+1,63) \times \\ \times [1-0,79 - (1-0,79) \times 0,95] = 907085,15 \text{ руб./год.}$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 3456 \times 55000 \times 4 \times (1+1,63) \times 0,79 = 78985,84 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 3456 \times 55000 \times 100 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 = \\ = 451419,09 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 3456 \times (55000 \times 176,6 + 10000) \times (1+1,63) \times [1-0,79 - (1-0,79) \times 0,86] \times \\ \times 0,95 = 117538,84 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 5 \times 10^{-5} \times 3456 \times (55000 \times 3456 + 10000) \times (1 + 1,63) \times \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] \times 0,95\} = 126991,92 \text{ руб./год.}$$

Общие ожидаемые потери ООО «Тольяттикаучук» от пожаров на Д1а составят:

- если на резервуарах Д1а установлены лафетные стволы, подача огнетушащих средств из которых будет осуществляться по мере прибытия личного состава пожарной охраны Тольяттинского гарнизона:

$$M(\Pi)_1 = 78985,84 + 2637588,30 + 907085,15 = 3623659,29 \text{ руб./год;}$$

- если на резервуарах Д1а установлены осциллирующие гидромониторы дистанционного управления:

$$M(\Pi)_2 = 78985,84 + 451419,09 + 117538,84 + 126991,92 = 774935,69 \text{ руб./год.}$$

Стоимость монтажа осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Стоимость монтажа осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование системы пожаротушения при помощи осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а	50000
Монтаж системы пожаротушения при помощи осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а	1000000
Стоимость оборудования	4000000
Пуско-наладочные работы	100000
Итого:	5150000

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание системы пенного

пожаротушения по формуле 8:

$$P=A+C \quad (8)$$

где  $A$  – «затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения, руб./год;

$C$  – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт), руб./год» [4].

$$P=515000+689500=1204500 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 9:

$$C_2=C_{m.p.}+C_{c.o.n.} \quad (9)$$

где « $C_{т.р.}$  – затраты на текущий ремонт;

$C_{с.о.п.}$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [4].

$$C_2=257500+432000=689500 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 10:

$$C_{m.p.} = \frac{K_2 \cdot H_{т.р.}}{100\%} \quad (10)$$

где  $K_2$  – «капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_{т.р.}$  – норма текущего ремонта, %» [4].

$$C_{m.p.} = \frac{5150000 \times 5}{100} = 257500 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала рассчитывается по формуле 11:



$$C_{c.o.n.} = 12 \times Ч \times ЗПЛ \quad (11)$$

где Ч – «численность работников обслуживающего персонала, чел.;

ЗПЛ – заработная плата 1 работника, руб./месс» [4].

$$C_{c.o.n.} = 12 \times 1 \times 36000 = 432000 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения рассчитываются по формуле 12:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (12)$$

где  $K_2$  – «капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_a$  – норма амортизации, %» [4].

$$A = \frac{5150000 \times 10}{100} = 515000 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от монтажа осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а ООО «Тольяттикаучук» составит:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (13)$$

«где Т – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

t – год осуществления затрат;

НД – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

$M(\Pi_1)$ ,  $M(\Pi_2)$  – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

$K_1$ ,  $K_2$  – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

$P_1, P_2$  – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в  $t$ -м году, руб./год» [4].

Расчёт денежных потоков от монтажа осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а ООО «Тольяттикаучук» представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчёт денежных потоков

Год осуществления проекта	$M(П1)-M(П2)$	$P_2-P_1$	$1/(1+НД)^t$	$[M(П1)-M(П2)-(C_2-C_1)]^* 1/(1+НД)^t$	$K_2-K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта)
1	2848723,60	1204500	0,91	1496243,48	5150000	-3653756,52
2	2848723,60	1204500	0,83	1364705,59	-	1364705,59
3	2848723,60	1204500	0,75	1233167,7	-	1233167,7
4	2848723,60	1204500	0,68	1118072,05	-	1118072,05
5	2848723,60	1204500	0,62	1019418,63	-	1019418,63
6	2848723,60	1204500	0,56	920765,22	-	920765,22
7	2848723,60	1204500	0,51	838554,04	-	838554,04
8	2848723,60	1204500	0,47	772785,09	-	772785,09
9	2848723,60	1204500	0,42	690573,91	-	690573,91
10	2848723,60	1204500	0,39	641247,20	-	641247,20

Интегральный экономический эффект от монтажа осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а ООО «Тольяттикаучук» за десять лет составит 4945532,91 рублей.

Вывод по разделу 6.

В разделе разработан план монтажа осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а ООО «Тольяттикаучук» и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а ООО «Тольяттикаучук» за десять лет составит 4945532,91 рублей.

## Заключение

В первом разделе определено, что чтобы повысить эффективность пожаротушения и адаптироваться к требованиям пожаротушения было разработано автоматическое устройство пожаротушения, основанное на компьютерном зрении. Благодаря процессу подтверждения и отслеживания возгорания предлагаемое устройство пожаротушения может легко обнаружить и потушить возгорание.

Во втором разделе определено, что метанол, применяемый в производстве, а также продукты, получаемые в процессе окисления его, токсичны, а при определенных концентрациях в воздухе образуют взрывоопасные и огнеопасные смеси.

Особую опасность представляют ошибки при пуске и остановке оборудования, ведении ремонтных, профилактических и других работ, связанных с неустойчивыми переходными режимами, с освобождением и заполнением оборудования и резервуаров опасными веществами. В случае неправильных действий персонала существует возможность разгерметизации систем и возникновения аварийной ситуации.

В третьем разделе определено, что потребность в быстром обнаружении и тушении пожара приобрела первостепенное значение и подтолкнула пожарную промышленность к разработке систем пожаротушения, которые будут действовать при возникновении пожара на ранних стадиях его развития. Разработана инновационная модель автоматического пожаротушения резервуаров с ЛВЖ и СУГ при помощи осциллирующих лафетных стволов с дистанционным управлением.

Серия пожарных мониторов SA Fire Niagara представляют собой гидравлические осциллирующие лафетные стволы с дистанционным управлением, предназначенные для подачи большого количества воды или водно-пенного раствора к удаленным зонам тушения. С точки зрения безопасности и доступности архитектура монитора с дистанционным

управлением состоит из логического контроллера и одного или нескольких конечных элементов (узла монитора). Логический контроллер является сердцем системы и сам распределяет команды по монитору.

В четвёртом разделе определено, что оценка данных, полученных в результате оценки риска, включает в себя ряд этапов. Этот процесс включает в себя расчет факторов риска для персонала в целом, идентификацию групп «высокого риска» и отдельных лиц, понимание связей между воздействием и последствиями, а также оценку приемлемости выявленных рисков.

Установлено, что не приемлемый профессиональный риск идентифицирован на рабочем месте газоспасателя, но благодаря разработанным мероприятиям он может быть снижен до приемлемого уровня.

В пятом разделе определена антропогенная нагрузка организации на окружающую среду.

Опасность загрязнения окружающей среды и отравления персонала обусловлена возможностью выброса в воздух рабочей зоны вредных веществ (метанола, формалина) в случае разгерметизации оборудования, в результате нарушения правил эксплуатации, норм технологического режима, порядка проведения ремонтных работ.

Различные последствия промышленной деятельности для окружающей среды, отмеченные в вышеприведенных таблицах, указывают на настоятельную необходимость сбалансировать ее подавляющие преимущества с негативными последствиями для обеспечения устойчивого развития производства.

В шестом разделе разработан план монтажа осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а ООО «Тольяттикаучук» и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа осциллирующих гидромониторов дистанционного управления на резервуарах Д1а ООО «Тольяттикаучук» за десять лет составит 4945532,91 рублей.

## Список используемых источников

1. ВЗРК Волгоградский Завод Резервуарных Конструкций: проектирование, производство и монтаж резервуаров и резервуарных конструкций [Электронный ресурс]. URL: <http://vzrk.ru/index.html> (дата обращения: 01.04.2024).
2. Газовик Нефть: резервуары и технологическое оборудование [Электронный ресурс]. URL: <http://gazovik-neft.ru> (дата обращения: 28.03.2024).
3. Комплексная установка тушения пожаров нефти в вертикальных стальных резервуарах и их обвалованиях с использованием стационарных пеноподъемников [Электронный ресурс]: Патент RU147941. URL: <https://patents.google.com/patent/RU147941U1/ru> (дата обращения: 16.04.2024).
4. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97\* [Электронный ресурс]: МДС 21-3.2001. URL: [http://pozhprouekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3\\_2001.htm](http://pozhprouekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm) (дата обращения: 30.01.2024).
5. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон № 69-ФЗ от 21.12.94. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9028718?ysclid=l88xyvgfe7534072134> (дата обращения: 12.02.2024).
6. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 17.01.2024).
7. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_363263](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263) (дата обращения: 17.01.2024).
8. Об утверждении Примерного положения о системе управления

охраной труда [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409457&ysclid=1d8jp94kat939272210> (дата обращения: 18.01.2024).

9. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1d8jqdwc8100411018> (дата обращения: 17.01.2024).

10. Об утверждении Рекомендаций по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей [Электронный ресурс]: Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 31.01.2022 № 36. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=414162&ysclid=1d8mh9t1uh805514136> (дата обращения: 02.01.2024).

11. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс]: Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22 мая 2017 г. № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 16.01.2024).

12. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс]: Приказ Минприроды России от 14.06.2018 № 261 (ред. от 23.06.2020). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=377676&ysclid=1dsbgkkxui183890770> (дата обращения: 18.01.2024).

13. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: СП 12.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 17.01.2024).

14. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории /

Всерос. науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны. Москва: ВНИИПО, 1997. 50 с.

15. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс]: СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 10.01.2024).

16. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: СП 486.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566348486> (дата обращения: 10.01.2024).

17. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 07.02.2024).

18. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс]: СП 484.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 17.01.2024).

19. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс]: СП 485.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280?ysclid=l6kc9vem4v317416032> (дата обращения: 18.01.2024).

20. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: СП 6.13130.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> (дата обращения: 05.02.2024).

21. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: СП 155.13130.2014. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200108948> (дата обращения: 18.01.2024).

22. Способ и устройство для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуаре [Электронный ресурс]: Патент RU2429082. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2429082C1\\_20110920?ysclid=lw56ath87p727537310](https://yandex.ru/patents/doc/RU2429082C1_20110920?ysclid=lw56ath87p727537310) (дата обращения: 16.04.2024).

23. Способ тушения пожаров на крупных резервуарах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и устройство для его осуществления [Электронный ресурс]: Патент RU2690634. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2690634C1/ru> (дата обращения: 16.04.2024).

24. Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации [Электронный ресурс]: СП 9.13130.2009. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071153> (дата обращения: 11.01.2024).

25. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 19.01.2024).

25. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 21.02.2024).

26. Fire Hazard Calculations for Large, Open Hydrocarbon Fires [Электронный ресурс]. URL: <https://www.springerprofessional.de/en/fire-hazard-calculations-for-large-open-hydrocarbon-fires/1923216> (дата обращения: 21.12.2024).

27. Guo T. N., Fu Z. M., The fire situation and progress in fire safety science and technology in China // Fire Safety Journal. 2021. №42 (3). P. 171–182.

28. Hazard Assessment Studies on Hydrocarbon Fire and Blast: An Overview [Электронный ресурс]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/315518205\\_Hazard\\_Assessment\\_Studies\\_on\\_Hydrocarbon\\_Fire\\_and\\_Blast\\_An\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/315518205_Hazard_Assessment_Studies_on_Hydrocarbon_Fire_and_Blast_An_Overview) (дата обращения: 21.12.2024).

29. Yu C. Y., Fang J., Wang J. J., Zhang Y. M. Video fire smoke detection



using motion and color features // Fire Technology Journal. 2020. №46. P. 651–663.

30. Zhong M. H., Fan W.C., Liu T. M., Zhang P.H., Wei X, Liao G. X. China: some key technologies and the future developments of fire safety science // Safety Science Journal. 2021. №42(7). P. 627–637.