

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация системы пожаротушения НПС

УДК 681.5:614.842:622.692.4.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Архипов Семен Алексеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Рыбин Юрий Константинович	Д.Т.Н., с.н.с.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Е.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Г.Ф.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Е.И.	К.Т.Н., доцент		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	К.Т.Н.		

Томск – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать области их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Уровень образования - бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения - весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Рыбин Ю.К.	д.т.н., с.н.с.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	к.т.н., доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки - 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Громаков Е.И.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Архипову Семену Алексеевичу

Тема работы:

Автоматизация системы пожаротушения НПС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.02.2019, №1094/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Предметом проектирования является роботизированная установка пожаротушения резервуарного парка нефтеперекачивающей станции. Требования к системе: надежность, применение сертифицированного оборудования.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы об нефтеперекачивающих станциях. 2. Выбор направления исследований, изучение статистики пожаров. 3. Изучение литературы и материалов по существующим установкам пожаротушения. 4. Изучение литературы по роботизированным установкам пожаротушения. 5. Обработка и преобразование найденной технической информации. 6. Доработка и модернизация выбранной роботизированной установки пожаротушения.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Блок-схема алгоритма работы. 2. Схема соединений.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Меньшикова Екатерина Валентиновна, к.ф.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Винокурова Галина Федоровна, к.т.н.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Нет</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Профессор ОАР ИШИТР</p>	<p>Рыбин Ю.К.</p>	<p>д.т.н., с.н.с.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>8Т5А</p>	<p>Архипов Семен Алексеевич</p>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Архипову Семену Алексеевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Общая стоимость научного исследования составляет 153 555 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнерг. 5,8 кВт/ч Норма амортизации – 20 %
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налог во внебюджетные фонды – 27,1 Район. Коэф – 1,3 Наклад расходы – 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа: выявление потенциальных клиентов, SWOT- анализ, определение возможных альтернатив проведения НИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоёмкости работ для НИ, разработка графика проведения НИ (диаграмма Ганта), составление бюджета НИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2019
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Архипов Семен Алексеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Архипову Семену Алексеевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Автоматизация системы пожаротушения НПС	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Автоматизированная система пенного пожаротушения на базе роботизированных лафетных стволов, предназначенная для предотвращения возникновения пожаров и их тушения в резервуарном парке нефтеперекачивающей станции.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Федеральный Закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (№116-ФЗ); – Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22. 07. 2008 № 123-ФЗ. – ГОСТ 12.1.005-88 – СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 – СП 52.13330.2016 – ГОСТ Р 50923-96 – Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426 – ГОСТ 12.1.038-82
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ выявленных вредных и опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение микроклиматических параметров воздушной среды – Повышенный уровень шума на рабочем месте – Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения – Перенапряжение органов зрения – Умственное перенапряжение

	<p>– Повышенная напряженность электрического поля</p> <p>Обоснование мероприятий по снижению воздействия:</p> <p>– Правильная компоновка рабочей зоны</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>– При разработке установки не происходит вредного воздействия на внешнюю среду, литосферу и гидросферу.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>– Возможные чрезвычайные ситуации при разработке данной системы это возникновение пожара на рабочем месте, поражение током.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Галина Федоровна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Архипов Семен Алексеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 82 страницы, включает в себя 10 рисунков, 16 таблиц и 2 приложения. При работе были использованы 28 источников литературы.

Ключевые слова: пожаротушение, автоматизированная система, роботизированный лафетный ствол, пожарный робот, резервуарный парк, нефтеперекачивающая станция.

Данная работа посвящена модернизации роботизированной установки пожаротушения и применению ее для резервуарного парка нефтеперекачивающей станции.

Объектом исследования является роботизированная установка пожаротушения.

Цель работы – повышение эффективности системы пожаротушения резервуарного парка нефтеперекачивающей станции.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была произведена модернизация роботизированной установки пожаротушения и применение ее для резервуарного парка нефтеперекачивающей станции.

Обозначения и сокращения

В данной работе использовались следующие обозначения и сокращения:

НПС – нефтеперекачивающая станция;

РВС – резервуар вертикальный стальной;

АРМ - автоматизированное рабочее место;

АСПТ - автоматическая система пожаротушения;

СПТ – система пожаротушения;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

ЛПДС - линейная производственно-диспетчерская станция;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкости;

РП – резервуарный парк;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ПЧ – пожарная часть;

ВПНПП – верхняя подача низкократной пленкообразующей пены;

СППР – система подслоного пожаротушения в резервуарах;

ПР – пожарный робот;

ИК – инфракрасный;

ТВ – телевизионный;

РПК – роботизированный пожарный комплекс;

УСО - устройство сопряжения с объектом;

УПР - установка пожаротушения роботизированная;

АСПС – автоматическая система пожарной сигнализации;

ЛСД – лафетный ствол дистанционный;

ИП – извещатель пламени.

Оглавление

Введение.....	12
1 Нефтеперекачивающая станция	13
1.1 Описание технологического процесса и блоков НПС	13
1.2 Структура системы автоматизации НПС	14
1.3 Структура автоматизированной системы пожаротушения НПС	15
2 Статистика пожаров.....	17
2.1 Причины пожаров в резервуарных парках	18
2.2 Типы пожаров, возникающих в резервуарных парках и ущерб от них..	21
3 Системы пенного пожаротушения резервуарных парков	25
3.1 Способы подачи пены в резервуар	29
3.1 Тушение горючих жидкостей в вертикальном резервуаре с плавающей крышкой или понтоном.....	30
3.2 Тушение горючих жидкостей в резервуарах с фиксированной крышей	31
3.3 Применение роботизированных лафетных стволов (пожарных роботов) для тушения пожаров в резервуарных парках.	32
4 Установки пожаротушения роботизированные.....	34
4.1 Состав роботизированных установок пожаротушения. Основные части и их назначение.	34
4.2 Анализ существующих роботизированных установок пожаротушения	35
4.2.1 УПР от компании «ЭФЭР».....	35
4.2.2 УПР от компании «Пожтехспас» на базе извещателя пламени УИД – 01 от компании «Синкросс»	37
4.3 Роботизированные лафетные стволы (Пожарные роботы).....	39
4.4 Датчики.....	39
4.5 Приводы.....	40
4.6 Схема соединений	41
4.7 Алгоритм работы роботизированной установки пожаротушения	41
4.8 Определение угла наведения методом аппроксимации	41
5 Усовершенствование установки.....	45
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	47

6.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	47
6.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	47
6.1.2	Анализ конкурентных технических решений	47
6.1.3	SWOT-анализ	50
6.2	Планирование научно-исследовательских работ	51
6.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	51
6.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	52
6.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	53
6.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	56
6.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	60
7	Социальная ответственность	65
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	65
7.2	Производственная безопасность	66
7.3	Экологическая безопасность	72
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	75
	Заключение	78
	Список использованной литературы	79
	Приложение А	81
	(обязательное)	81
	Схема соединений роботизированной установки пожаротушения на базе пожарных роботов с приводами постоянного тока.	81
	Приложение Б	82
	(обязательное)	82
	Алгоритм работы роботизированной установки пожаротушения	82

Введение

В настоящее время, вопросы безопасности на технологических объектах являются важным аспектом работы производств. В том числе и вопросы пожарной безопасности.

Пожары на технологических объектах зачастую приводят к катастрофическим последствиям: гибнут люди, разрушается технологическое оборудование, наносится ущерб окружающей среде. Поэтому важно вовремя обнаружить возгорание и нейтрализовать его.

Согласно существующим требованиям, все объекты нефтегазового комплекса должны быть оборудованы установками пожаротушения, обеспечивающими требуемый уровень пожарной безопасности и способными обнаружить и устранить возгорание в течение минимального промежутка времени.

Резервуарные парки оборудуются автоматизированными установками пенного пожаротушения. Однако эффективность таких установок невысока. В случае аварии, которая чаще всего начинается с взрыва, противопожарное оборудование, установленное на резервуаре, повреждается и не способно потушить возгорание.

Роботизированные установки пожаротушения являются более эффективным средством борьбы с пожаром. Они позволяют производить прицельное тушение пожара на начальной его стадии, что предотвращает дальнейшее распространение огня.

Целью данной работы является повышение эффективности системы пожаротушения резервуарного парка нефтеперекачивающей станции за счет применения роботизированной установки пожаротушения и ее модернизации.

1 Нефтеперекачивающая станция

1.1 Описание технологического процесса и блоков НПС

НПС или нефтеперекачивающая станция – это сооружение, предназначенное для создания давления в нефтепроводе для перекачки нефти от мест ее добычи и очистки до конечного потребителя. Головная нефтеперекачивающая станция стоит в начале трубопровода. В нее нефть поступает с промысловых месторождений и закачивается в резервуары. Оттуда начинается транспортировка по магистральному трубопроводу.

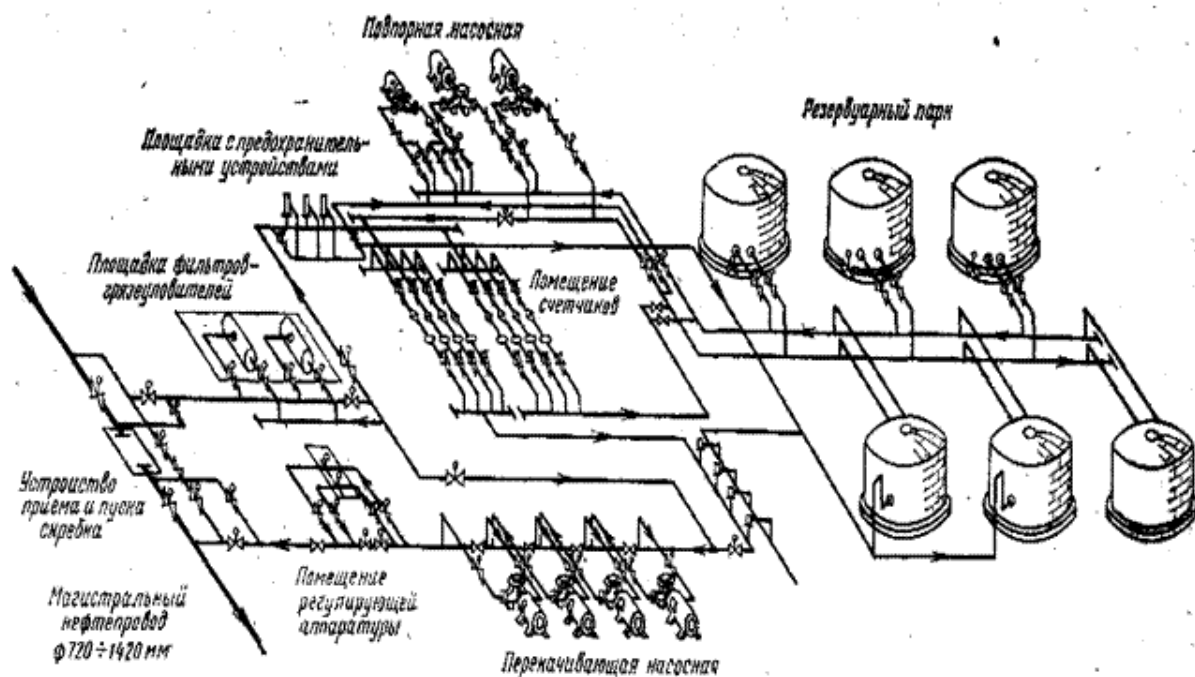


Рисунок 1 - Схема НПС

Основные части нефтеперекачивающей станции:

- резервуарный парк;
- подпорная насосная;
- помещение счетчиков
- перекачивающая насосная;
- площадка с предохранительными устройствами
- площадка фильтров-грязеуловителей
- помещение регулирующей аппаратуры
- устройства пуска и приема скребка;
- технологические трубопроводы с запорной арматурой.

- Линия магистрального трубопровода

Принцип работы нефтеперекачивающей станции:

Нефть с через камеру приема-пуска скребка поступает на блок фильтров-грязеуловителей, проходя очистку от механических примесей. Далее нефть проходит через площадку с предохранительными устройствами, защищающими от повышенного давления трубопровод и объекты станции. Если срабатывают предохранительные клапаны, происходит сброс давления, а избыток нефти поступает в резервуары для аварийного сброса нефти.

Очищенная от механических примесей нефть поступает в вертикальные стальные резервуары (РВС), расположенные в резервуарном парке. Подпорный насосный агрегат осуществляет откачку нефти из резервуаров и подачу ее в магистральный нефтепровод через приборы контроля и учета. По отпускну трубопроводу нефть из резервуара поступает во всасывающий коллектор подпорных насосных агрегатов, где далее через нагнетательный коллектор подается в магистральную насосную станцию. Там магистральные насосные агрегаты повышают давление и подают нефть через узел приема-пуска скребка далее в магистральный нефтепровод к потребителю.

1.2 Структура системы автоматизации НПС

Система автоматизации НПС имеет трехуровневую структуру:

- нижний уровень системы включает датчики, вторичные и показывающие приборы, блоки и органы управления, устанавливаемые по месту.
- средний уровень представлен логическими программируемыми контроллерами, которые обеспечивают такие функции как сбор, обработка и хранение информации, автоматическое управление и регулирование, исполнение команд с пункта управления, обмен информацией с пунктами управления. Вся собранная информация контроля состояния объекта сохраняется и доступна для передачи на верхний уровень.

– верхний уровень состоит из АРМ (автоматизированных рабочих мест) оператора на базе персональных компьютеров, обеспечивающих прием информации с нижних уровней, оперативное управление технологическим процессом и архивацию событий.

Система автоматизации на НПС представляет собой сложную сеть и включает в себя множество подсистем. Одной из таких подсистем является автоматическая система пожаротушения (АСПТ).

1.3 Структура автоматизированной системы пожаротушения НПС

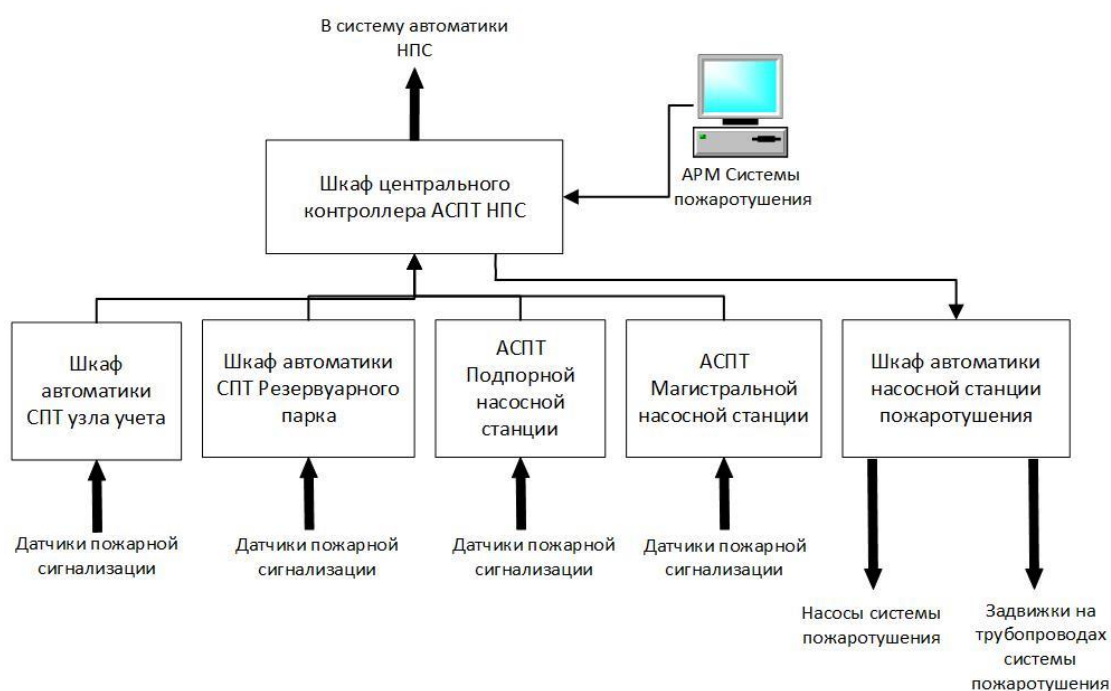


Рисунок 2 - АСПТ НПС

Автоматизированная система пожаротушения НПС (АСПТ НПС) состоит из центрального контроллера системы пожаротушения, расположенного в операторной АСПТ. К нему подключены АРМы системы пожаротушения, расположенные также в операторной. С их помощью операторы могут следить за состоянием системы, управлять, собирать информацию, а также контролировать процесс пожаротушения в случае аварии. Центральный контроллер в случае возникновения пожара в том или ином узле НПС запускает аварийную сигнализацию и передает сигнал в систему автоматизации НПС для

перекрытия всех входящих и выходящих трубопроводов аварийного объекта для его изоляции, а также на другие необходимые действия.

Непосредственно на основных узлах НПС находятся щиты автоматики СПТ. Они собирают информацию с датчиков системы пожаротушения, расположенных в технологических корпусах, на агрегатах, резервуарах и установках НПС. Информация со шкафов автоматики СПТ передается в центральный контроллер АСПТ для ее анализа и принятия соответствующих решений.

Также, в структуру АСПТ НПС входит шкаф автоматики насосной станции пожаротушения. В нем находится контроллерное оборудование для управления насосами и заслонками на трубопроводах системы пожаротушения в случае возникновения пожара.

2 Статистика пожаров

Возникновение пожаров на объектах, обрабатывающих, добывающих или использующих нефть в своих технологических процессах, не редкость. Нефть является горючей пожароопасной жидкостью, которая сложно поддается тушению. Испарения нефти, являющиеся легкими газами, легко воспламеняемы и взрывоопасны.

Согласно данным тематического обзора, проведенного компанией ООО «Роспайп», существует следующая статистика пожаров, произошедших с 1970 по 1990 гг. на территории бывшего СССР. На объектах добычи, транспорта, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов наибольшее число возгораний произошло на распределительных нефтебазах - 48,3 % всех пожаров. На НПЗ пожары случаются реже - 27,7 % всех случаев. На нефтепромыслах – 14 %. И на нефтепроводах – 10 % [1].

Рассмотрим статистику пожаров по различным частям объекта нефтепереработки. Статистика собрана за период с 2011 по 2015 года.

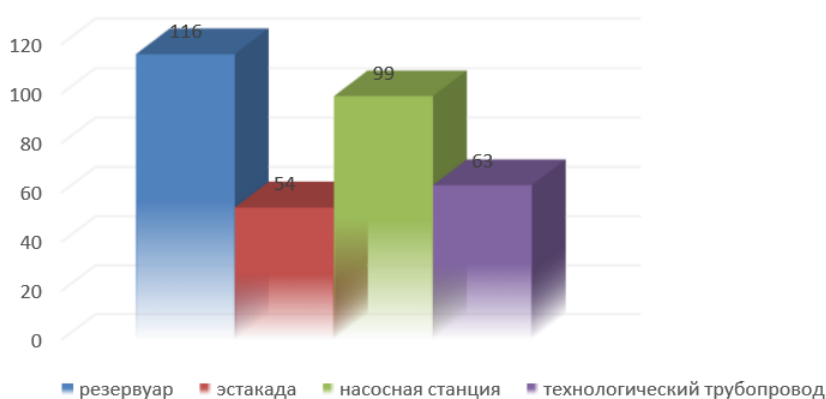


Рисунок 3 – Места возникновения пожаров

Наибольшее число пожаров произошло на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами. На втором месте по частоте возгораний находятся насосные станции. Почти в два раза меньше пожаров на технологических трубопроводах, и еще меньше на эстакадах [2].

Опираясь на эти и предыдущие статистические данные, можно сделать вывод о том, что большая часть пожаров происходит на резервуарах объектов

перекачки, транспортировки и временного хранения нефти и нефтепродуктов. Также значительная часть пожаров происходит в помещениях насосных станций на НПС. Из чего следует, что именно резервуары и насосные станции больше всего подвержены пожарам, и системы пожаротушения, установленные на них, нуждаются в доработке.

2.1 Причины пожаров в резервуарных парках

Согласно данным статистики пожаров за 1990 – 2015 года, большая часть всех пожаров произошла на действующих резервуарах типа РВС. При этом 53,9 % - на резервуарах с бензином, 32,1 % - на резервуарах с сырой нефтью, 14,0 % - на резервуарах с другими видами нефтепродуктов (мазут, керосин и др.).

При этом около 33-35 % всех случившихся пожаров произошло на очищаемых и ремонтируемых резервуарах. Такие пожары и загорания можно разделить на следующие три основные группы:

1. При очистке резервуаров перед ремонтом.

Чаще всего происходят из-за вспышки паров нефтепродукта от выхлопной трубы при зачистке резервуаров от донных отложений.

Оборудование для откачивания донных отложений должно располагаться за пределами обвалования резервуара.



Рисунок 4 – Очистка резервуара от донных отложений с несоблюдением техники безопасности

2. При проведении огневых работ на предварительно очищенных резервуарах.

При недооценке остаточной загазованности резервуаров или наличии легковоспламеняющихся отложений и начале проведения сварочных работ, либо других огневых работ, создающих электрические и механические искры есть риск взрыва.

3. При проведении работ по ремонту и обслуживанию резервуаров, без их предварительной очистки.

Любая искра статического электричества способна вызвать возгорание паров остаточных отложений.

Остальные пожары на работающих резервуарах можно разделить на две группы:

- пожары без нарушения технологии (70 %);
- пожары при нарушении технологии (около 30 %).

Основные причины возникновения пожаров:



Рисунок 5 – Причины возникновения пожаров

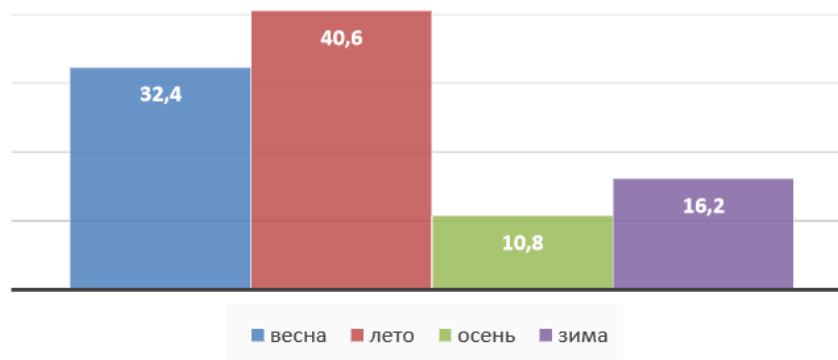


Рисунок 6 – Гистограмма распределения пожаров по времени года

Существует следующая статистика пожаров: пожары от самовозгорания пирофорных отложений, поджогов, неосторожного обращения с огнём 42,2 %. Огневые и ремонтные работы 23,5 %. Искры электроустановок 14,7 %. Разряды статического электричества 9,7 %. Проявления атмосферного электричества 9,2 %.

Исходя из данной информации основной причиной пожаров, произошедших без нарушения технологии, при нормальной работе объекта, являются самовозгорания пирофорных отложений. Пирофоры – вещества, которые способны самовозгораться в присутствии воздуха, при любой температуре. Взрывы, вызванные самовозгоранием пирофорных отложений, происходят чаще всего во время или вскоре после откачки жидкости в весенне-летний период. Также частыми причинами возгораний на резервуарах являются разряды атмосферного электричества – молнии. Многие из крупных пожаров в резервуарных парках вызваны ударом молнии. Например, возгорание на ЛПДС "Конда" в 2009 году, приведшее к сильнейшему пожару, разрушению резервуарного парка и человеческим жертвам.

Основными причинами пожаров, произошедших по причине нарушения технологии, являются неисправность электроустановок - искрение или нагревающийся контакт; наличие различных источников зажигания (автомобилей, огневых нагревателей, факелов, магнитных пускателей) при повышенной загазованности территории резервуарных парков; разряды

статического электричества и механических ударов при отборе проб и замере уровня.

Однако примерно для 5 % пожаров непосредственный источник зажигания взрывоопасной паровоздушной смеси не установлен.

2.2 Типы пожаров, возникающих в резервуарных парках и ущерб от них.

Главная проблема при работе с нефтью и нефтепродуктами это легковоспламеняющиеся пары. Даже незначительная их концентрация может привести к взрыву при любой малейшей искре.

На очищаемых или ремонтируемых резервуарах пожары происходят довольно часто. Основная причина возгораний – нарушение техники безопасности.

Например, проведение сварочных или огневых работ на резервуаре с уровнем загазованности, превышающем ПДК.

При проведении работ по очистке резервуара от донных отложений зачастую дизельные насосы или автоцистерны ставятся внутри обвалования резервуара, непосредственно около люка-лаза, т.к. имеют недостаточную длину шланга, когда по требованиям пожарной безопасности они должны находиться за пределами обвалования резервуара. В таком случае искра в проводке насоса, помпы или автоцистерны может привести к воспламенению паров, выходящих из люка-лаза резервуара. Также, горячие газы из глушителя авто могут привести к возгоранию.

Примером такого возгорания может служить пожар на нефтебазе Госкомнефтепродукта города Уфы Республики Башкортостан, 25 июля 1998 года. При удалении остатка ЛВЖ АИ-76 из резервуара 1000 м³ передвижной насос был установлен на расстоянии 2,5 метра от открытого люк-лаза резервуара, в самом обваловании. Произошедшее замыкание магнитного пускателя передвижного насоса воспламенило пары ЛВЖ над рукавом, проложенным к открытому люк-лазу и зажгло паро-воздушную среду, испаряющуюся от

открытого люк-лаза. В результате пожара погиб рабочий, проводивший чистку резервуара, уничтожена автоцистерна, частично разрушен сам резервуар.

В результате воспламенения газов обычно происходит взрыв, сопровождающийся выходом из строя оборудования пожаротушения и полным или частичным разрушением резервуара.

Другой значительной причиной возгорания нерабочих резервуаров является образование пиррофорных отложений. Пиррофорные отложения на поверхности оборудования представляют собой черный осадок в виде сажи, который образуется в результате даже кратковременного воздействия сероводорода на железо или его окислы. В присутствии кислорода воздуха пиррофорные отложения окисляются с выделением большого количества тепла, что приводит к их самовозгоранию.

Для предотвращения взрывов и пожаров от самовозгорания пиррофорных отложений внутренняя поверхность резервуаров, предназначенных для хранения сернистых нефтей, окрашивается антикоррозионными покрытиями, также проводится очистка внутренней поверхности резервуара от пиррофорных отложений и продуктов коррозии. Для предотвращения самовозгорания перед подготовкой к осмотру и ремонту РВС должны заполняться паром по мере их освобождения.

При возгорании пиррофорных отложений взрыва обычно не происходит, пожар развивается медленно, постепенно, и есть достаточно времени, чтобы остановить дальнейшее распространение огня.

Пожары на работающих, заполненных резервуарах в большинстве своем имеют более тяжелые последствия.

Как правило, возникают они от статического или атмосферного электричества. Так, не редко при ручном отборе проб с крыши резервуара несоблюдение техники безопасности приводит к образованию искры статического электричества, которая воспламеняет пары ЛВЖ над резервуаром.

Попадание молнии в резервуар также часто становится причиной пожаров. На всех РВС в обязательном порядке установлена молниезащита,

однако, атмосферное электричество, - явление непредсказуемое, поэтому молниеотводы не всегда помогают избежать возгорания.

При взрыве заполненного резервуара могут быть разрушены его стенки, вследствие чего жидкость может вылиться в обвалование. Более того, взрывом часто разрушается само обвалование резервуара, что приводит к дальнейшему разливу жидкости и увеличению площади пожара.

Именно так и случилось при пожаре на ЛПДС «Конда» в 2009 году. В результате прямого попадания разряда молнии в кровлю резервуара произошло возгорание сырой нефти по всей площади поверхности зеркала РВС №7. Взрывом были сорваны и деформированы стационарные пеногенераторы системы пожаротушения резервуара. Также был деформирован трубопровод системы кольцевого орошения РВС №7. В результате частичного разрушения резервуара произошло выливание горячей нефти в обвалование. Так как дыхательная арматура РВС №8, 6 была открыта произошел взрыв паровоздушной среды РВС № 8, в результате которого:

- полностью разрушается резервуар РВС № 8, фрагменты которого взрывной волной разбрасываются по территории парка и за его пределы в радиусе до 500 метров;
- в зону поражения взрывной волны, попадает личный состав двух отделений пожарных частей (6 человек);
- взрывной волной и фрагментами корпуса РВС № 8 нарушается целостность крыши РВС № 5 и возникает горение нефти в нём;
- нарушается целостность обвалования РВС № 8 , ввиду чего горящая нефть переливается за пределы резервуарного парка и происходит значительное увеличение площади пожара.

В течение несколько часов нефть в РВС №5 вскипает с и разливается по территории РП ЛПДС на площадь 40000 м². Взрыв и разрушение РВС № 8 привело к тому, что два из трех узлов системы подслоного пожаротушения РВС №4 были завалены фрагментами РВС № 8. В итоге система подслоного пожаротушения оказалась неработоспособной и подача огнетушащей пены

оказалась невозможной. От воздействия пламени и высоких температур происходит взрыв газовой смеси над РВС №4 и ее воспламенение через люки пеногенераторов.

Для устранения пожара было задействовано 47 единиц пожарной техники и 147 единиц личного состава. Тушение производилось почти двое суток.

Пожар был ликвидирован спустя 43 часа после возникновения. В результате пожара были полностью разрушены РВС № 5, 7, 8, повреждены РВС № 3, 4, 6; последствия пожара были распространены на территории ЛПДС и за ее пределами на площади 40 000 м².

Для тушения пожара в общей сложности было задействовано 82 единицы техники и 435 человек. При взрыве РВС №8 в радиус поражения попал личный состав 2-го отделения ПЧ-133 (3 человека), 1-го отделения ПЧ-115 (2 человека), начальник ПЧ-133 и пожарная техника АЦ ПЧ-133 и АЦ ПЧ-115. В итоге в результате пожара погибло 3 человека, 5 человек пострадало. Уничтожено 2 единицы пожарной техники.

Таким образом, пожары на действующих резервуарах значительно более опасны, чем на пустых, и могут привести к катастрофическим последствиям. Поэтому очень важно ликвидировать пожар на самой ранней его стадии.

3 Системы пенного пожаротушения резервуарных парков

Согласно СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов», основным средством тушения пожаров в резервуарах нефти и нефтепродуктов является пена средней и низкой кратности, подаваемая на поверхность горючей жидкости.

Основные положения по системам пенного пожаротушения прописаны в 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Для противопожарной защиты резервуарных парков обязательно предусматривается система пенного тушения резервуаров и система водяного охлаждения.

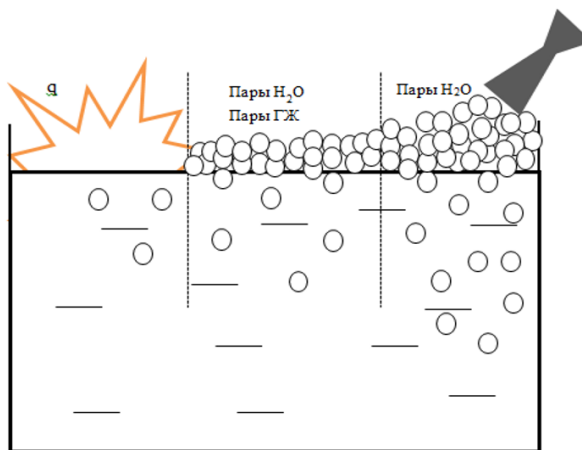
При использовании пожаротушащей пены для тушения возгорания нефтепродуктов, пена покрывает поверхность горения, перекрывая доступ кислорода. Пена медленно осаждается и быстро ликвидирует возгорание.

В зависимости от режима и вида горения, типа горючего вещества и факторов внешней среды во многом зависит эффективность тушения пеной. В зависимости от всех этих факторов производится выбор пенообразователя, требуемое его количество, интенсивность подачи и способ подачи.

В 1904 году русский инженер Лоран впервые предложил тушение горючих жидкостей пеной. До 1940-х годов было распространено убеждение, что гашение пламени происходит из-за прекращения доступа воздуха к поверхности горящей жидкости. В 1938 году Л.Л. Богданов опроверг эту гипотезу и предположил, что тушение происходит вследствие теплоизоляционного действия пены. Этот вывод сделан потому что пена обладает низкой теплопроводностью и не пропускает тепло, которое необходимо для испарения горящей жидкости. Однако, экспериментально это так и не было подтверждено.

Взаимодействие пены с горючей жидкостью с момента подачи на горящую поверхность до образования сплошного пенного слоя представляет собой физико-химический комплекс. Соотношение скоростей двух противоположно направленных процессов определяет образование локального слоя пены на поверхности горючей жидкости при тушении, с одной стороны,

скорость разрушения пены на поверхности горючей жидкости, а с другой - интенсивностью подачи пены. Если интенсивность подачи пены выше скорости разрушения образуется локальный слой на поверхности, вследствие охлаждения горючей жидкости скорость разрушения пены с течением временем уменьшается, одновременно увеличивая скорость нарастания слоя и его растекание по поверхности горючей жидкости.



1 - участок свободного горения; 2- участок активного воздействия пены на процесс горения; 3- участок, на котором горение прекращено.

Рисунок 7 - Схема прекращения горения жидкости воздушно-механической пеной

Образование локального слоя происходит постепенно, когда температура горючей жидкости снизится настолько, что будет происходить превышение процесса подачи пены над ее разрушением. Охлаждение прогретого слоя горючего слоем пены приводит к уменьшению скорости испарения жидкости, вследствие чего снижается концентрация горючих газов над поверхностью нефтепродукта. При достижении слоя пены определенной толщины он препятствует поступлению выделяющихся паров горючей жидкости, и полностью изолирует пары горючей жидкости от зоны горения. Например, слой пены толщиной 5 см уменьшает скорость испарения бензина в 35 раз. Изолирующие свойства пены зависят от структуры, физикохимических свойств, от толщины слоя, температуры на поверхности и от природы горючей жидкости. Кроме основных факторов, действующих при тушении пеной, существуют дополнительные: разбавление парами воды горючей смеси в зоне горения;

охлаждение парами воды зоны горения. Для обеспечения надежного тушения необходимо создать слой пены, который прекратит поступление паров в зону горения. Изолирующая способность пены зависит от характеристик пенообразователя, таких как коэффициент динамической вязкости, напряжение сдвига, дисперсность пены, толщина стенки пузыря, кратность пены. Все они определяют парогазонепроницаемость пены.

Из всех этих показателей наиболее значимым является кратность пены. Это безразмерная величина, равная отношению объема пены к объему раствора, содержащегося в пене.

В зависимости от величины кратности пены разделяют на четыре группы:

- пеноэмульсии, $K < 3$;
- низкократные пены, $3 < K < 20$;
- пены средней кратности, $20 < K < 200$;
- пены высокой кратности, $K > 200$

При образовании устойчивого слоя пены на поверхности горячей жидкости, происходит ограждение от теплового воздействия пламени слоя горячей жидкости, это приводит к уменьшению испарения и снижению количества паров горючей жидкости, и, в следствии чего, снижению температуры горения. Одним из важных достоинств пены является то, что она не требует одновременного покрытия всей площади горящего вещества. При тушении пену подают чаще всего с краю горячей поверхности. Скорость движения пены по поверхности холодной нефти составляет 0,34 м/с. Пена растекается по поверхности жидкости, образуя непрерывный слой определенной толщины. При растекании скорость движения пены может стать равной нулю по мере удаления от места подачи. Это объясняется тем, что при высокой температуре пена начинает разрушаться и может наступить момент, когда скорость подачи пены станет равной скорости ее разрушения [3].

Помимо системы пенного пожаротушения резервуары должны обеспечиваться системами водяного охлаждения.

«Охлаждение резервуаров осуществляется подачей воды в верхнем поясе резервуара через кольцо орошения.

орошения крепится в верхнем поясе резервуара на расстоянии 0,2 м от стенки резервуара. По всему диаметру кольца орошения предусмотрены отверстия диаметром 4 мм, равномерно располагаемые по кольцу орошения перпендикулярно стенке резервуара» [4].

Горящий резервуар следует охлаждать по всей длине окружности его стенки. При угрозе распространения пожара на соседние резервуары следует охлаждать их по длине полуокружности или четверти, обращенной к горящему резервуару.

Согласно СП 155.13130 нормативная интенсивность подачи воды на охлаждение должна приниматься со следующими значениями, представленными в таблице 1.

Таблица 1 - Нормативные интенсивности подачи воды на охлаждение

Система охлаждения резервуаров	Интенсивность подачи воды, л/с, на один метр длины	
	окружности горящего резервуара	половины окружности соседнего резервуара
- более 12;	0,75	0,30
- 12 и менее и для резервуаров с плавающей крышей	0,50	0,20
Мобильные средства пожаротушения	0,80	0,30

Охлаждение наземных резервуаров объемом менее 5000 м³ допускается мобильными средствами пожаротушения [5].

3.1 Способы подачи пены в резервуар

В настоящее время на различных объектах применяются системы пенного пожаротушения, различающиеся по способу подачи пены в резервуар. Так существуют следующие способы подачи пены в резервуар:

1. Система тушения резервуаров верхней подачей низкократной пленкообразующей пены (ВПНПП). В резервуары с понтоном пена подается на уплотняющий затвор, в резервуары с плавающей крышей — в кольцевое пространство между стенкой и пеноудерживающим барьером, в резервуары со стационарной крышей — на поверхность нефтепродукта.

2. Система подслоного пожаротушения в резервуарах (СППР). Система, когда через нижний пояс резервуара подается низкократная пена прямо в продукт.

3. Комбинированная система тушения резервуаров (ВПНПП + СППР). Низкократная пена подается одновременно сверху и в слой продукта [6].

Конкретный выбор системы тушения пожара зависит от типа резервуара и вида нефтепродукта. Наиболее широко распространены следующие решения:

Резервуары со стационарной крышей без понтона защищаются:

- подачей пены средней кратности на поверхность топлива;
- подачей низкократной пены сверху;
- подачей низкократной пены в нижнюю часть резервуара непосредственно в нефтепродукт (подслоный способ), или подача через эластичный рукав с выходом на поверхность горючего.

Резервуары со стационарной крышей и понтоном защищаются:

- пеной средней кратности;
- подачей низкократной пены одновременно сверху и в слой горючего.

Резервуары с плавающей крышей защищаются:

- автоматической системой с низкократной пенкообразующей пеной, нацеленной для попадания в кольцевой зазор между стенкой резервуара и краем плавающей крыши;
- автоматической автономной хладоновой (газовой) системой расположенной на плавающей крыше и подслоной системой низкократной пенкообразующей пены;
- автономной системой пеногенераторов низкократной пенкообразующей пены и побудительных устройств, расположенных на плавающей крыше, в сочетании с подслоной системой [7].

3.1 Тушение горючих жидкостей в вертикальном резервуаре с плавающей крышкой или понтоном

Существует специальная система для тушения горючих жидкостей в вертикальном резервуаре с плавающей крышкой или понтоном.

Плавающая крыша или понтон двигаются по направляющим стойкам, жестко закрепленным на дне резервуара. Нижний конец стоек герметично заварен, а верхний закрыт заглушкой. Трубопроводы системы пожаротушения расположены внутри этих стоек. В случае пожара огнетушащая пена выходит из распыляющих насадок через отверстия, выполненные в стойках напротив этих насадок.

Однако данный способ имеет недостаток. В случае взрыва ударной волной может повредиться плавающая крыша или понтон. В таком случае происходит ее погружение в слой горючей жидкости. При этом происходит возникновение карманов, куда нет доступа огнетушащей пены, где продолжается процесс горения. В таком случае система пенного пожаротушения окажется неэффективной [8].

3.2 Тушение горючих жидкостей в резервуарах с фиксированной крышей

Резервуары со стационарной крышей оборудуются системами подачи пены на поверхность горючей жидкости и подачи в слой нефтепродукта.

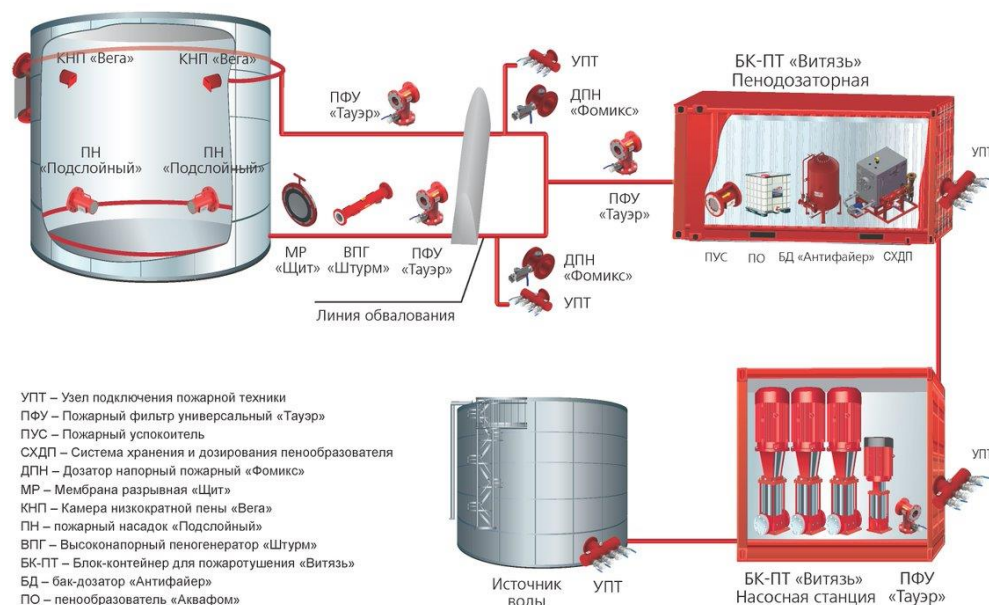


Рисунок 8 – Схема автоматизированной системы пожаротушения

Система пожаротушения на РВС устроена следующим образом (рисунок 8) [9].

На территории резервуарного парка имеются противопожарные емкости с водой. Запас воды строго регламентируется и должен быть достаточным для образования необходимого количества пены для тушения пожара, а также для охлаждения резервуара системой орошения.

Насосная станция качает воду в систему трубопроводов пенного пожаротушения для образования пожаротушащей пены, а также в систему водяного охлаждения.

Помещение, в котором располагается емкость с пенообразователем и насос, подающий пенообразователь к пеногенераторам. В пеногенераторах пенообразователь смешивается в определенных пропорциях под давлением с водой и воздухом и образует тушащую пену.

Пена поступает в резервуар по специальным пенопроводам.

Верхняя подача пены осуществляется в верхний пояс резервуара или, в случае резервуара с понтоном, подачи в уплотнительный зазор. Пена распыляется на поверхность горящего нефтепродукта с помощью специальных пенокамер. В зависимости от типа пенокамеры, пена подается либо сплошным потоком, либо веером вдоль стенки резервуара.

Тушение пожара в вертикальных стальных резервуарах нижней подачей пены осуществляется двумя способами.

Первый способ представляет собой подачу пены снизу через эластичный рукав, который препятствует контакту пены с горючей жидкостью. Согласно статистике, этот способ является ненадежным, т.к. устройство по раскатке рукава в 90 % случаев выходит из строя. При эксплуатации данной системы, чехол, фиксирующий рукав не сбрасывается, или при разрушении мембраны нарушается целостность рукава.

Второй способ – подача низкократной пены под слой нефти через специальный трубопровод, расположенный на дне резервуара. Этот способ является более надежным и простым в исполнении.

Для разобщения газового пространства резервуара с атмосферой, перед пенокамерами устанавливают мембрану, которая разрушается при первой подаче пены.

На каждой емкости и трубопроводах предусмотрены устройства присоединения пожарной техники, чтобы отбирать воду из стационарной системы пожаротушения и использовать ее более рационально передвижными пожарными установками или, в случае недостатка воды для тушения пожара, возобновлять ее запасы из цистерн передвижной пожарной техники или из ближайших водоемов.

3.3 Применение роботизированных лафетных стволов (пожарных роботов) для тушения пожаров в резервуарных парках.

Пожарный роботизированный лафетный ствол (пожарный робот ПР) - автоматическое устройство, манипулирующее пожарным стволом в

сферической системе координат, на базе стационарного лафетного ствола с дистанционным управлением, с фиксированной или подвижной установкой, с устройством обнаружения загорания и устройством программного управления.

В настоящее время все большее применение находят роботизированные установки пожаротушения. Пожарный робот (ПР) выполняет множество функций различных систем. Таких как автоматическая система пожарной сигнализации, система видеонаблюдения, автоматическая система пожаротушения. ПР способен автоматически определять координаты возгорания и наводить струю огнетушащего вещества на очаг. Один пожарный робот способен защищать площадь от 5000 до 15000 м² при расходе от 20 до 60 л/с соответственно [10].

Пожарные роботы выпускаются в общепромышленном, морском и взрывозащищенном исполнении. ПР комплектуются тремя электроприводами постоянного тока (управление поворотом ствола по вертикали и горизонтали, управление углом распыливания струи) [11].

4 Установки пожаротушения роботизированные

Установка пожаротушения роботизированная (УПР) - это система пожаротушения, на базе роботизированных лафетных стволов, которая способна автоматически обнаруживать возгорание, определять его координаты и прицельно тушить очаг струей пены или воды.

Установки используются не только для ликвидации и локализации пожара, но и, например, для охлаждения несущих конструкций, находящихся в непосредственной близости к очагу пожара.

Роботизированные установки пожаротушения имеют преимущество по сравнению с обычными автоматизированными установками пожаротушения, так как они позволяют производить автоматическое тушение по необходимой площади, а также точечное прицельное тушение пожара, что является эффективным средством подавления очагов возгорания на ранней стадии их возникновения и предотвращения их распространения.

Применяются для защиты производственных объектов и общественных зданий, высокопролётных сооружений, наружных установок нефтегазового комплекса, железнодорожных и автомобильных тоннелей; судов дальнего плавания; зданий для спортивных и зрелищных мероприятий; памятников деревянного зодчества.

4.1 Состав роботизированных установок пожаротушения. Основные части и их назначение.

Все роботизированные установки пожаротушения основаны на роботизированных лафетных стволах, оснащенных электроприводами, которые позволяют наводить струю огнетушащего вещества непосредственно на очаг возгорания. Пожарные извещателями пламени, фиксирующие возгорание в ИК и ТВ диапазоне закреплены на лафетном стволе или могут быть стационарном исполнении. К лафетному стволу подводятся ОТВ по пенопроводу, который оснащен задвижкой с электроприводом.

Работу всех лафетных стволов координирует устройство сопряжения с объектом (УСО). В шкафу УСО расположен основная интеллектуальная часть системы. В т.ч. контроллер, который высчитывает координаты возгорания. Однако в установке на базе интеллектуальных датчиков УИД – 01, которые определяют координаты возгорания сами.

Задание площади тушения ПР осуществляется автоматически по результатам цифровой обработки информации от ИК-датчиков или оператором путем наведения ствола в крайние точки диагонали прямоугольника с регистрацией их координат и задания шага перемещения.

Установка работает по заранее заданной программе, которая определяет длительность тушения, а также программу тушения очага возгорания.

4.2 Анализ существующих роботизированных установок пожаротушения

4.2.1 УПР от компании «ЭФЭР»

Сегодня компания «ЭФЭР» успешно производит готовые технические решения установок роботизированного пожаротушения. Они соответствуют требованиями ГОСТ Р 53326-2009 и ТУ 4854-005-16820082-2005.

УПР включает в себя два и более стационарных пожарных робота (роботизированных ствола), систему управления, запорно-пусковые устройства подачи огнетушащей пены с электроприводом. Состав и количество технических средств УПР определяется её назначением и применением на конкретном объекте.

Принцип действия установки пожаротушения следующий.

В случае срабатывания системы автоматической пожарной сигнализации, на контрольном приборе высвечивается номер шлейфа пожарного извещателя, который подал сигнал о пожаре, и включаются световая и звуковая сигнализация. Тональность сигнала при пожаре отличается от тональности при неисправности шлейфа. От блока сопряжения интерфейсов передается сигнал о

пожаре на устройство сопряжения с объектом (УСО) роботизированной установки пожаротушения, и начинается запуск программы тушения пожара.

УСО производит выбор пожарных роботов, уточнение угловых координат возгорания и производит подачу воды и пенообразователя в соответствии с заданной программой. Возможны 4 варианта работы УПР: - автоматический, - блокировка пуска, - дистанционный, - ручной.

На пункте круглосуточного дежурства оператор принимает решение о работе УПР в автоматическом режиме или на переводе ее в режим ручного управления, дистанционного управления или блокировки пуска. Если в течение 5 минут оператор не передал в систему сигнал о контроле за состоянием объекта, то пожаротушение УПР запускается автоматически.

На пожарных роботах устанавливаются ТВ камеры для наблюдения за состоянием объекта в данной зоне и принятия решений.

Программой УПР осуществляется следующий алгоритм работы в автоматическом режиме для ПР с устройством обнаружения загорания:

- а) при срабатывании адресного извещателя пламени приемно-контрольный прибор передает в УСО сигнал «Пожар» и номер сработавшего извещателя;
- б) по этому сигналу УСО формирует управляющие сигналы на наведение соответствующих ПР, не менее 2х, в заданную зону;
- в) при вхождении ПР в заданную зону включается программа поиска очага загорания, а устройства обнаружения загорания при наведении на очаг загорания выдают сигналы в УСО о его координатах;
- г) УСО при получении сигналов от 2х ПР определяет координаты очага загорания в трехмерной системе координат и формирует программу тушения очага загорания;
- д) при запуске РПК для пожаротушения УСО формирует команды:

- на отключение технологического и электротехнического оборудования (при необходимости), вентиляции и включение системы оповещения людей о пожаре;

- в шкаф управления насосной на запуск насосов по программе, предусмотренной отдельным проектом (при необходимости);
 - на открытие дисковых затворов и соленоидных клапанов соответствующих ПР;
 - на включение ПР;
- ж) блок управления ПР корректирует положением диска затвора давление на ПР в пределах расчетного;
- з) в пожаротушении очага загорания участвуют не менее 2х стволов;
- и) при небольших расстояниях, до 15 м, пожаротушение производится под заданным углом распыливания, при больших расстояниях пожаротушение производится по площади сплошными струями.

4.2.2 УПР от компании «Пожтехспас» на базе извещателя пламени УИД – 01 от компании «Синкросс»

Установка пожаротушения роботизированная (УПР) изготавливается в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53326-2009 по ТУ 4854-005-36937219-2015. Пожарный робот в отдельности, как и вся установка в целом, предназначены для тушения или локализации пожаров, охлаждения строительных и технологических конструкций, осаждения облаков ядовитых и радиоактивных газов, паров и пыли. УПР могут применяться для защиты промышленных и гражданских объектов, как вне помещения, так и внутри зданий. Как правило защите подлежат объекты и сооружения с большой площадью и высотой, где применение классических систем автоматического пожаротушения (спринклерные, дренчерные установки) неэффективно или невозможно. В качестве огнетушащего вещества (ОТВ) может использоваться вода или раствор пенообразователя.

В дежурном режиме работы УПР питание на ее компоненты всегда подано, осуществляется штатное взаимодействие по каналам передачи данных, происходит процесс самотестирования. Если все компоненты УПР в исправном состоянии — выдается сигнал «УПР исправна». УПР переходит в режим поиска

очага загорания (режим сканирования) при получении сигнала «Внимание» от автоматических пожарных извещателей общего обзора или от зонных извещателей пожарных пламени внешней системы пожарной сигнализации (АСПС). ПР начинают движение в соответствии с заданной оперативной программой сканирования. Поиск пожара производится в зоне, соответствующей сигналам зонных извещателей пожарных, или по всему защищаемому пространству при сигнале от извещателей пожарных общего обзора.

При движении ПР, устройства обнаружения загорания, установленные на стволах, осуществляют детектирование очагов возгорания и передают их угловые координаты в управляющий контроллер (сетевой контроллер) шкафа УСО. При применении извещателей пламени УИД-01 в стационарной системе пожарной сигнализации система УПР уже получает точные координаты загорания на этапе получения сигнала «Внимание» от системы пожарной сигнализации и пожарные роботы сразу наводятся на область пожара. Используя полученную информацию, управляющий контроллер рассчитывает координаты очагов возгорания и формирует программу пожаротушения, УПР выдает сигнал «УПР готова к тушению». В режиме пожаротушения УПР открывает электрозадвижки, установленные на пожарном водопроводе, для ПР, задействованных в программе тушения. Управляющий контроллер системы корректирует угол наклона ствола по баллистическим кривым в зависимости от расстояния от ПР до очага загорания и в зависимости от показаний датчика давления перед лафетным стволом. В зависимости от программы пожаротушения, ПР направляют компактную или распыленную струю ОТВ в место расположения очага загорания. Тушение прекращается после истечения заданного временного промежутка, автоматически или после команды оператора. УПР закрывает электрозадвижки и возвращается в режим поиска очага загорания. При необнаружении пожара — система переходит в дежурный режим. Оператор может принимать участие в работе УПР, внося коррективы во все режимы работы системы с помощью дистанционного пульта управления,

местного пульта управления или полностью перевести УПР в ручной режим управления.

4.3 Роботизированные лафетные стволы (Пожарные роботы)

Пожарный робот представляет собой лафетный ствол, оснащенный приводами и способный менять направление струи ОТВ в зависимости от состояния очага пожара.

Пожарные роботы (пожарные роботизированные стволы) выполняются на базе ЛСД и подразделяются на 2 типа: ПР-ЛСД С без ИК-сканеров, производят тушение и охлаждение определенной зоны защищаемого объекта по заданной площади после получения внешнего сигнала на начало работы установки; ПР-ЛСД-С с ИК-сканерами, подают ОТВ непосредственно на очаг пожара после получения внешнего сигнала на начало работы установки и уточнения координат возгорания.

4.4 Датчики

В качестве активатора работы установки выступает система пожарной сигнализации, оборудованная адресными пожарными извещателями пламени. При срабатывании одного из датчиков, система передает сигнал о пожаре и адрес извещателя, зафиксировавшего возгорание.

Роботизированная установка получает сигнал о пожаре и номер пожарного извещателя. Если установка не оснащена извещателями пламени, определяющими координаты возгорания, то ближайшие к пожарному извещателю лафетные стволы начинают тушение пожара по площади, по заранее заданной программе.

Если пожарные роботы оснащены извещателями пламени, то они способны наводиться на очаг возгорания и тушить прицельно.

4.5 Приводы

Для приводов роботизированных лафетных стволов применяется два типа электродвигателей: асинхронные электродвигатели и двигатели постоянного тока.

Сравним два лафетных ствола от компании «ЭФЭР»:

- ЛСД-С60(50,70,80)У-Ех с асинхронными приводами
- ЛСД-С60(50,70,80)У-Ех с приводами постоянного тока

Таблица 2 – Сравнение параметров лафетных стволов

Сравниваемый параметр	С асинхронными приводами	С приводами постоянного тока
Питание	~ 380 В 50 Гц	24 В
Класс взрывозащищенности	Магнитные датчики 1ExdIICT5, Двигатели асинхронные 1ExdIICT4 Клеммная коробка 1ExdIICT6 Gb	1ExdIICT4 X
Возможность регулировки угла распыла струи	Нет	Да
Степень защиты	IP54/55	IP66/67
Изменение скорости перемещения	нет	да
Комплектация	Комплектуются шкафами управления	Комплектуются шкафами управления и дисковыми затворами

Как видно из данной таблицы, лафетные стволы с асинхронными приводами имеют существенные отличия от лафетных стволов с приводами постоянного тока.

Ключевой фактор — это степень защиты. Лафетные стволы с асинхронными приводами имеют степень защиты IP54/55, что означает пылезащищенное исполнение корпуса и защиту от брызг воды и водяных струй.

Такие лафетные стволы могут применяться только для противопожарной защиты внутри помещений. Лафетные стволы с приводами постоянного тока имеют степень защиты IP66/67, что означает полную защиту от пыли и защиту от сильных струй воды/ от воздействия при временном погружении (на глубину до 1 метра в течение 30 минут). Таким образом, лафетные стволы с приводами постоянного тока могут применяться для защиты объектов на открытом воздухе.

Также лафетные стволы с асинхронными приводами не имеют возможности регулировки угла распыла струи и изменения скорости перемещения ствола.

Таким образом, для защиты резервуарного парка нефтеперекачивающей станции, необходимо использовать стволы с приводами постоянного тока.

4.6 Схема соединений

Схема соединений роботизированной установки пожаротушения на базе пожарных роботов с приводами постоянного тока представлена в приложении А.

4.7 Алгоритм работы роботизированной установки пожаротушения

Был разработан алгоритм работы роботизированной установки пожаротушения. Он представлен в приложении Б.

4.8 Определение угла наведения методом аппроксимации

Задача определения угла наведения на заданные координаты является основополагающей в работе УПР. Ее можно решить методом аппроксимации. Для этого опытным путем получают координаты реальных траекторий при фиксированных значениях исходных данных: расходе, давлении, угле распыления. Для примера возьмем координаты траекторий при углах распыления с шагом 10 градусов.

Семейство траекторий показывает реальные траектории струй в зависимости от угла наведения α . По приведенной сетке промежуточные

траектории могут быть определены с учетом взаимного расположения известных траекторий в рассматриваемой зоне.

Примем следующие параметры в качестве исходных данных. Номинальное давление 0,6 МПа, номинальный расход 20 л/с. Углы наведения от 10 до 80 градусов с интервалом 10 градусов.

Система координат X и Y представляет собой двумерную сетку координат, где по оси X измеряется дальность полета, а по оси Y высота. Для каждой точки в этой системе определены координаты X_i и Y_i , полярный радиус R_i и полярный угол β_i , который определяется по формуле (1):

$$\beta_i = \arctg \frac{X_i}{Y_i} \quad (1)$$

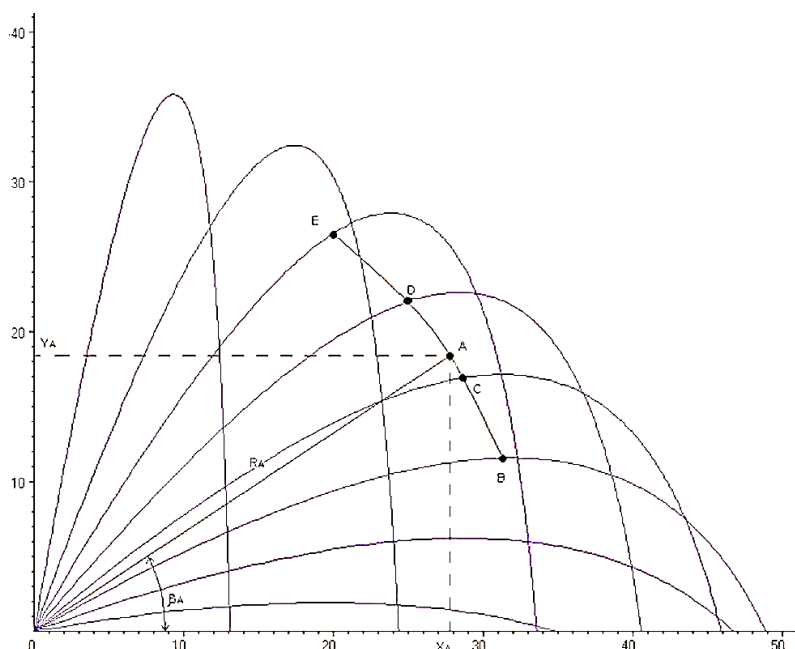


Рисунок 9 – Траектории струй при разных углах распыления

Возьмем произвольную точку A с координатами X_A и Y_A . Для попадания струей по баллистической траектории в точку A необходимо решить задачу нахождения угла наведения α_A .

На ближайших нижних и верхних траекториях к точке A радиусом R_A отметим равноудаленные от начала струи точки B , C , D и E , которые образуют дуги BC , CD , DE и CA от точки A до ближайшей траектории.

Расстояния между траекториями от точки В к точке Е характеризуется постепенным увеличением на приращение (2).

$$DE > CD > BC; DE - CD = dDE; CD - BC = dCD, \quad (2)$$

при этом

$$dCD < dDE. \quad (3)$$

При изменении угла наведения через $d\alpha=1^\circ$ приращения будут происходить постепенно с увеличением каждого интервала на величину d по сравнению с предыдущим значением. Такая последовательность чисел относится к арифметической прогрессии.

$$a_1, a_1 + d, a_1 + 2d, a_1 + (n-1)d, \dots \quad (4)$$

Сумма членов арифметической прогрессии определяется по формуле

$$S_n = \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_n}{2} n = \frac{2a_1 + d(n-1)}{2} n, \quad (5)$$

где $S_n = CD$ – дуга, на которой находится точка А, град;

n – количество интервалов, соответствующих измерению угла наведения через $d\alpha = 1^\circ$, $n = 10$;

d – приращение через $d\alpha = 1^\circ$, град;

определяется из известного приращения для $d\alpha = 10^\circ$:

$$dCD = d + 2d + 3d + 4d + 5d + 6d + 7d + 8d + 9d = 45d; \quad (6)$$

a_1 – величина первого интервала;

Определяется из формулы (5), куда необходимо подставить определенные выше значения S_n , n , d ;

n_A – количество полных интервалов на дуге СА; определяется из формулы (5), в которую надо подставить n_A вместо n , значения $S_n = CA$ и определенные выше a_1 и d .

Так как

$$(\alpha C - \alpha A)/n_A = d\alpha \quad (7),$$

то

$$\alpha_A = \alpha_C - nAd\alpha \quad (8)$$

где α_C — известная величина на известной траектории; α_A — искомая величина.

Расчет считается законченным, когда заданная точка А находится ближе к траектории с меньшей дугой, чем дуга, на которой она лежит. В этом случае шаг $d > 0$, и арифметическая прогрессия является возрастающей. Если же заданная точка А находится ближе к траектории с большей дугой и шаг $d < 0$, то арифметическая прогрессия является убывающей, и расчет ведется с учетом $d < 0$.

5 Усовершенствование установки

УПР от компании «СИНКРОСС» имеет ряд недостатков:

Во-первых, стоимость такой системы очень высока. Один пожарный робот обходится около 600 000 руб. Стоимость пожарного извещателя УИД-01 около 175 000 руб. Во-вторых, согласно технической литературе пожарного извещателя УИД-01, он может автоматически определять координаты возгорания, но только в стационарном варианте исполнения. Именно поэтому нерационально крепить его на лафетный ствол. Т.к. при этом он теряет способность определять координаты возгорания и выполняет только функцию наведения на очаг и корректировки угла наклона струи.

Поэтому предлагаются следующие решения. Использование датчика УИД-01 в стационарном исполнении, при этом включив их в состав пожарной сигнализации. Тем самым, они будут заменять часть пожарных извещателей автоматической системы пожарной сигнализации. При этом, УИД-01 дополнительно осуществляют функцию видео контроля защищаемой зоны. Предлагается следующее расположение датчиков, относительно резервуаров.

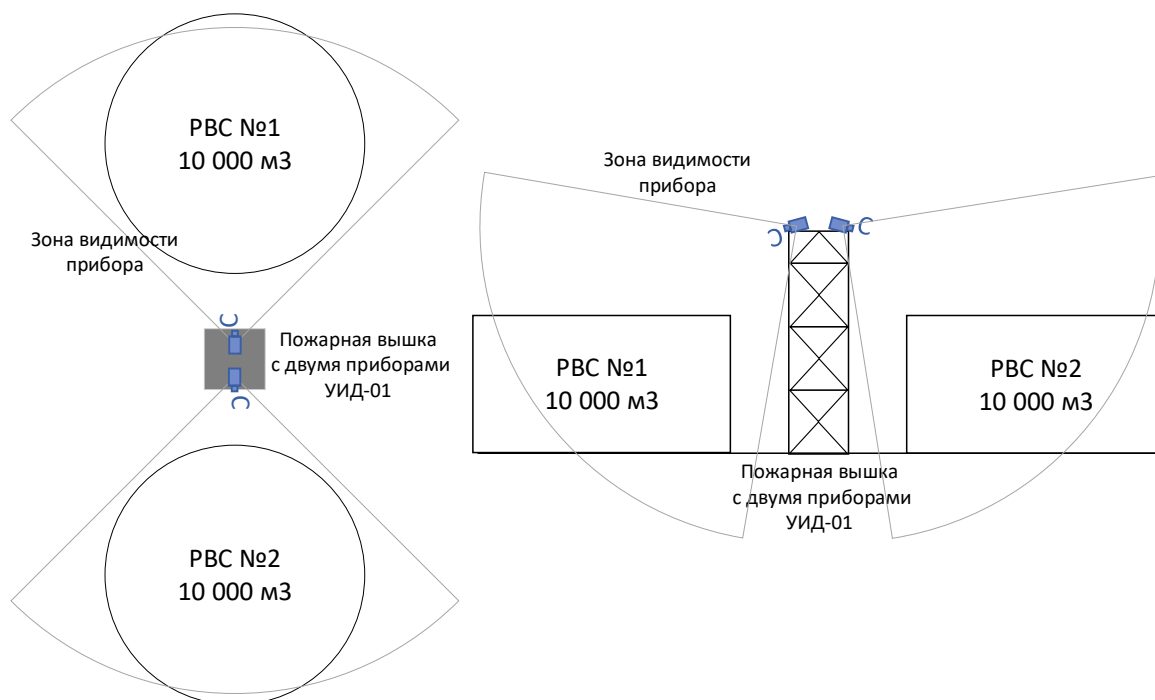


Рисунок 10 – Размещение датчиков относительно резервуаров

Угол обзора у датчика равен 90 градусов по вертикали и по горизонтали. При данном варианте расположения, один прибор УИД-01 может заменить все

пожарные извещатели, устанавливаемые на крыше резервуара. Для примера были взяты два резервуара РВС 10 000 м³.

Лафетные стволы предлагается оснастить более дешевыми извещателями пламени, например ИП 330-2-1-Х-Х от компании «СИНКРОСС». Они будут обеспечивать наведение пожарного робота на очаг возгорания и корректировку процесса тушения.

Таким образом, стоимость системы снизится, при этом без потери эффективности.

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Коммерческая ценность является важнейшим фактором, который способен определять перспективность и ценность научного исследования. Коммерческая привлекательность отвечает на такие вопросы, как будет ли продукт востребован на рынке, какая цена этого продукта, в какие сроки сможет выйти проект на рынок и так далее.

Цель экономического раздела - провести детальный анализ проекта по критериям конкурентоспособности и ресурсоэффективности. Оценить перспективность проекта, определить трудоемкость и график работ, а также рассчитать показатели ресурсоэффективности.

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того, чтобы определить потенциальных потребителей, необходимо определить целевой рынок. Целевой рынок для данной разработки это предприятия нефтегазовой отрасли. Потенциальные потребители нефтяные компании, специализирующиеся на транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов, такие как «Транснефть», «Газпром», «Башнефть».

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время, согласно требованиям соответствующих нормативных документов, все резервуарные парки должны быть оборудованы системами пожаротушения.

Обычная система автоматического пенного пожаротушения включает резервуары для воды и пенообразователя, насосную станцию, подводящие пенопроводы с пожарными гидрантами, узлы управления, а также

установленные на резервуарах и в зданиях генераторы пены с питающими и распределительными трубопроводами для подачи раствора пенообразователя к этим генераторам, средства автоматизации.

Такие системы просты в настройке и эксплуатации и имеют невысокую стоимость. Однако они не совсем эффективны. А каждый из случаев несрабатывания такой системы может привести к катастрофическим последствиям.

К тому же, при срабатывании, система наносит большой ущерб самому предприятию. Содержимое резервуаров смешивается с пожаротушающей пеной и непригодно для дальнейшей продажи. Из-за этого компания может понести большие убытки.

Выходом может быть роботизированная установка пожаротушения. С помощью направленной струи пены установка способна прицельно потушить очаг возгорания без нанесения большого ущерба предприятию и с достаточной эффективностью.

Оценка конкурентоспособности технических решений представлена в таблице, где Бф – разработанная роботизированная установка пожаротушения с применением роботизированных лафетных стволов, а Бк – автоматизированная система пенного пожаротушения резервуарного парка.

Баллы расставляют в соответствии от 1 до 5, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная позиция. Веса всех критериев в сумме должны составить единицу.

Таблица 3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк	Кф	Кк
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Удобство в техническом обслуживании	0,03	4	4	0,12	0,12
Надежность	0,15	4	3	0,6	0,45
Эффективность	0,15	5	3	0,75	0,45
Ремонтопригодность	0,09	4	3	0,36	0,27
Энергоэкономичность	0,01	2	4	0,02	0,04
Уровень автоматизации	0,04	5	4	0,2	0,16
Возможность контроля и управления системой оператором	0,03	5	4	0,15	0,12
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности					
Конкурентоспособность	0,03	5	4	0,15	0,12
Цена	0,09	3	4	0,27	0,36
Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	5	5	0,75	0,75
Уровень проникновения на рынок	0,04	3	4	0,12	0,16
Срок выхода на рынок	0,04	4	5	0,16	0,20
Наличие сертификации разработки	0,15	5	5	0,75	0,75
Итого	1			4,4	3,95

Анализ конкурентных технических решений был определен по формуле (9).

$$K = \sum B_i * B_i \quad (9)$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Как видно из оценочной карты, роботизированная установка пожаротушения выигрывает в сравнении с обычной автоматизированной установкой пожаротушения. Она является более эффективной и надежной, однако при этом проигрывает в цене и по уровню проникновения на рынок.

6.1.3 SWOT-анализ

SWOT- анализ – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Такой анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Составим матрицу SWOT-анализа:

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Эффективность установки</p> <p>С2. Малый расход огнетушащего вещества</p> <p>С3. Малый ущерб экологии в случае срабатывания установки</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокая стоимость</p> <p>Сл2. Сложность пуска и отладки</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение эффективности работы установки</p>	<p>1) Высокая надежность установки сделает ее востребованной на рынке</p> <p>2) Высокая эффективность установки</p>	<p>1) Возможно снизить стоимость установки за счет применения других компонентов</p>

В2. Снижение стоимости установки	привлечет потенциальных потребителей	2) При использовании новых технологий возможно сделать установку еще более эффективной
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии У2. Конкуренция технологий У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции	1) Установка не на 100 % эффективна, решается путем дальнейшего совершенствования установки 2) данная система приносит меньший вред экологии	1) Повышать востребованность установки на рынке 2) Обучать больше высококвалифицированных специалистов для обслуживания установки 3) Пройти все необходимые сертификации и требования

6.2 Планирование научно-исследовательских работ

6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения проекта оценивается в человеко-часах и зависит от множества факторов, которые сложно учесть при разработке. Для реализации проекта необходимо 2 исполнителя – научный руководитель (НР), Инженер (И). Этапы работы над проектом представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы работы	Научный руководитель
	2	Календарное планирование	Научный руководитель, Инженер
Выбор направления исследований	3	Обзор литературы о НПС	Инженер
	4	Выбор направления исследований, изучение статистики пожаров	Научный руководитель, студент
Теоретические исследования	5	Изучение литературы и материалов по существующим установкам пожаротушения	Инженер
	6	Изучение литературы по роботизированным установкам пожаротушения	Инженер
	7	Обработка и преобразование найденной технической информации	Инженер
Экспериментальные исследования	8	Создание и доработка технической документации по выбранной роботизированной установке пожаротушения	Инженер
Оформление ВКР	9	Оформление Выпускной Квалификационной Работы	Инженер , научный руководитель

6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки зачастую приходится на заработную плату исполнителей, поэтому важно определить трудоемкость каждого из участников. Ожидаемая трудоемкость находится по формуле (10).

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2t_{\text{max } i}}{5}, \quad (10)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , по формуле (11), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (11)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (12).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (12)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (13).

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (13)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округлим до целого числа.

Все рассчитанные значения сведем в таблицу (табл. 8).

Таблица 5 - Разработка графика проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ожг}$ чел-дни					
	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР
Составление и утверждение темы работы	4	3	6	5	4,8	3,8	2,4	1,9	3	3
Календарное планирование	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	2	2
Обзор литературы о НПС	9	-	12	-	10,2	-	10,2	-	13	-
Выбор направления исследований, изучение статистики пожаров	9	2	12	3	10,2	2,4	5,1	1,2	7	2
Изучение литературы и материалов по существующим установкам пожаротушения	13	-	15	-	13,8	-	13,8	-	17	-
Изучение литературы по роботизированным установкам пожаротушения	13	-	15	-	13,8	-	13,8	-	17	-
Обработка и преобразование найденной технической информации	15	-	18	-	16,2	-	16,2	-	20	-
Создание и доработка технической документации по выбранной автоматизированной установке пожаротушения	14	-	17	-	15,2	-	15,2	-	19	-
Оформление Выпускной Квалификационной Работы	15	4	18	5	16,2	4,4	8,1	2,2	10	3
ИТОГО							86	6,5	108	10

Построим диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 6 - Диаграмма Ганта











№ р а б о т	Вид работ	Исполнители	Т _к , к а л. д н.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение темы работы	Инженер	3														
		Научный руководитель	3														
2	Календарное планирование	Инженер	2														
		Научный руководитель	2														
3	Обзор литературы о НПС	Инженер	13														
4	Выбор направления исследований, изучение статистики пожаров	Инженер	7														
		Научный руководитель	2														
5	Изучение литературы и материалов по существующим установкам пожаротушения	Инженер	17														
6	Изучение литературы по роботизированным установкам пожаротушения	Инженер	17														
7	Обработка и преобразование найденной технической информации	Инженер	20														
8	Создание и доработка документации по выбранной автоматизированной установке пожаротушения	Инженер	19														

Таблица 7 - Расчет материальных затрат НТИ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена, руб.
ПК	Шт.	1	30 000
Итого			30 000

6.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Она рассчитывается по формуле (15).

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (15)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (10 % от $З_{осн}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (16).

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}}, \quad (16)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года. При отпуске в 48 раб. дней $М=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (251 раб. дн).

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (17).

$$З_{м} = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р}, \quad (17)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от $З_{тс}$);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 8 - Основная заработная плата исполнителей темы

Исполнители	Оклад, руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_m$, руб	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Научный руководитель	47 104	0,3	0,3	1,3	47 104	1 952	6,5	12 688
Инженер	12 663	-	-	1,3	16 462	682	86	58 660

Итого: 71 348 руб.

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили 71 348 рублей.

6.2.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле (18).

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (18)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, равен 0,1 (10%);

$$З_{доп} = 0,1 \cdot 12\,688 = 1269 \text{ Для научного руководителя}$$

$$З_{доп} = 0,1 \cdot 58\,660 = 5866 \text{ Для инженера}$$

Итого: 7135 руб.

6.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы (19).

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (19)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Коэффициент отчислений = 0,271 (27,1 %)

Таблица 9 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Величина отчислений, руб
Инженер	58 660	5866	0,271	17 487
Научный руководитель	12 688	1269	0,271	3 782
Итого				21 269

6.2.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 30 % от основной и дополнительной заработной платы.

$$Z_{\text{накл.}} = (58\,660 + 12\,688 + 5866 + 1269) \cdot 0,3 = 23\,545 \text{ руб}$$

6.2.4.6 Прочие прямые затраты

Материальные затраты учитываются с учетом количества использованной электроэнергии. Для юридических лиц стоимость 1 кВт*ч составляет 5,8 рублей. При умеренном пользовании ноутбук потребляет 0,08 кВт в час. Рабочий день при выполнении работы составлял 6 часов. Рассчитаем затраты на электроэнергию:

$$Z_{\text{эл.энерг}} = 5,8 \cdot (86 + 6,5) \cdot 6 \cdot 0,08 = 258 \text{ руб}$$

Затраты на электроэнергию составили 258 руб.

6.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 13. Так как все виды исполнений включают одинаковое оборудование, отличаясь только содержанием, то данные в таблице будут одинаковыми для всех трех исполнений.

Таблица 10 - Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб. (все исп.)	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	30 000	Пункт 3.4.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	71 348	Пункт 3.4.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7135	Пункт 3.4.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	21 269	Пункт 3.4.4
5. Накладные расходы	23 545	Пункт 3.4.5
6. Прочие прямые затраты	258	Пункт 3.4.6
7. Бюджет затрат НТИ	153 555	Сумма ст. 1- 6

6.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Научно-технический уровень характеризует, в какой мере выполнены работы и обеспечивается научно-технический прогресс в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (20).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (20)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах или соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Стоимость данной научно-исследовательской работы составляет 153 555 руб.

Стоимость одного пожарного робота около 600 000 руб. Для защиты одного резервуара понадобится как минимум два роботизированных лафетных ствола. А также система трубопроводов и подведенное электропитание к установке. Вся вместе система будет стоить около 1 500 000 руб.

Автоматизированная установка пожаротушения для одного резервуара может стоить около 1 000 000 руб.

Тогда интегральный финансовый показатель разработки составляет:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{1\,500\,000}{1\,000\,000} = 1,5,$$

Как видно, применение роботизированной установки пожаротушения получается более дорогостоящим, чем применение автоматизированной установки.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле (21).

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (21)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

В таблице 11 представлен сравнительный анализ установок.

Таблица 11 - Сравнительный анализ установок

Критерии оценки	Вес критерия	Исполнения	
		Роботизированная установка	Автоматизированная установка
Удобство в техническом обслуживании	0,03	4	4
Надежность	0,15	4	3
Эффективность	0,15	5	3
Ремонтопригодность	0,09	4	3
Энергоэкономичность	0,01	2	4
Уровень автоматизации	0,04	5	4
Возможность контроля и управления системой оператором	0,03	5	4
Конкурентоспособность	0,03	5	4
Цена	0,09	3	4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	5	5
Уровень проникновения на рынок	0,04	3	4
Срок выхода на рынок	0,04	4	5
Наличие сертификации разработки	0,15	5	5
Итого	1		

$$\begin{aligned}
 I_{p.\text{исп.1}} &= 0,03 * 4 + 0,15 * 4 + 0,15 * 5 + 0,09 * 4 + 0,01 * 2 + 0,04 * 5 + 0,03 \\
 &\quad * 5 + 0,03 * 5 + 0,09 * 3 + 0,15 * 5 + 0,04 * 3 + 0,04 * 4 + 0,15 * 5 \\
 &= 4,4
 \end{aligned}$$

$$I_{p.исп.2} = 0,03 * 4 + 0,15 * 3 + 0,15 * 3 + 0,09 * 3 + 0,01 * 4 + 0,04 * 4 + 0,03 * 4 + 0,03 * 4 + 0,09 * 4 + 0,15 * 5 + 0,04 * 4 + 0,04 * 5 + 0,15 * 5 = 3,95$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (22).

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (22)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность вариантов исполнения представлена в таблице 12. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) рассчитывается по формуле (23).

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (23)$$

Таблица 12 - Сравнительная эффективность вариантов исполнения

Показатели	Роботизированная установка	Автоматизированная установка
Интегральный финансовый показатель разработки	1,5	1,5
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,95
Интегральный показатель эффективности	2,93	2,63
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,9

По результатам таблицы, можно сделать вывод, что роботизированная установка пожаротушения является эффективной на фоне

автоматизированной установки. Роботизированная установка превосходит конкурентов по интегральному показателю ресурсоэффективности разработки, по интегральному показателю эффективности и по сравнительной эффективности вариантов исполнения, но проигрывает в финансовом показателе разработки.

7 Социальная ответственность

Тема данного дипломного проекта роботизированная установка пенного пожаротушения резервуарного парка нефтеперекачивающей станции. Система создана на базе роботизированных лафетных стволов.

Система применяется для тушения пожаров и предотвращения их возникновения в резервуарных парках нефтеперекачивающих станций или других объектов обработки или хранения нефти, а также продуктов ее переработки. Роботизированная установка пожаротушения является более эффективным средством борьбы с пожарами на резервуарных парках, чем обычная автоматизированная установка. Также, данная разработка позволяет уменьшить вред окружающей среде в случае возникновения пожара, так как она затрачивает меньше огнетушащего вещества для подавления возгорания, при этом повышая эффективность тушения.

Потенциальные пользователи данной системы, это предприятия нефтеперерабатывающей промышленности, специализирующиеся на транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов, такие как «Транснефть», «Газпром», «Башнефть», где предъявляются повышенные требования к пожарной безопасности.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Безопасность жизнедеятельности— это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Безопасность жизнедеятельности человека определяется следующими составляющими: характером труда, его организацией, взаимоотношениями в трудовых коллективах, организацией рабочих мест, наличием опасных и вредных факторов в среде обитания.

При разработке дипломного проекта студент выступает в качестве инженера-проектировщика. Его работа непосредственно связана с компьютером, а соответственно с дополнительным, вредным воздействием целой группы факторов, что существенно снижает производительность его труда. К таким факторам можно отнести: воздействие вредных излучений от монитора и компьютера; воздействие электромагнитных излучений; микроклиматические условия; ненормированный уровень шума; некомфортные метеорологические условия; высокое напряжение и другие факторы.

Объектом анализа санитарно-гигиенических условий труда является рабочее место студента, где разрабатывается дипломный проект.

7.2 Производственная безопасность

В данном разделе рассматриваются опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть во время проектирования системы пожаротушения.

Работа инженера-проектировщика – это интеллектуальный труд, основная нагрузка падает на центральную нервную систему. Таким образом, условия, в которых протекает работа, оказывают влияние на деятельность мозга, органов зрения и слуха, кровообращение и дыхание человека. Для нормального функционирования организма и его жизнедеятельных процессов необходимы определённые условия.

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов. При разработке системы на инженера-проектировщика действуют следующие факторы, указанные в таблице 13.

Таблица 13 - Вредные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1.Отклонение микроклиматических параметров воздушной среды	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	+	+	СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки"
3.Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
4.Перенапряжение органов зрения	+	+		ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
5.Умственное перенапряжение	+	+		Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" (с изменениями и дополнениями).
6.Повышенная напряженность электрического поля	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению их воздействия

- Отклонение микроклиматических параметров воздушной среды

Источник возникновения данного вредного фактора, это рабочее место инженера проектировщика. Микроклимат на рабочем месте сильно влияет на производительность работника. При плохом микроклимате человек быстро утомляется, затрудняется мыслительный процесс, может возникнуть плохое самочувствие.

Микроклимат помещения определяется тремя основными параметрами:

- температура окружающего воздуха, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с;

Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата, согласно СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические нормы микроклимата на производстве» приведены в таблице 14:

Таблица 14 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

Труд по выполнению данной работы подходит под категорию Ia, с интенсивностью энергозатрат до 139 ккал/ч. Работы производятся сидя и сопровождаются незначительным физическим напряжением. Требуемые согласно СанПиН 2.2.4.548–96 значения параметров микроклимата в помещении, в течение всего года поддерживаются благодаря установленному кондиционеру и центральному отоплению. Поэтому, рабочее место соответствует требованиям микроклимата в помещении.

- Повышенный уровень шума на рабочем месте

При выполнении работ устройством работник может подвергаться уровням шума от работающего персонального компьютера. Помимо этого, источниками шума на рабочем месте могут быть кондиционеры.

Шум негативно сказывается на нервной системе. В результате шумового воздействия могут появиться головные боли, бессонница, нервные расстройства. Это все влияет на работоспособность.

Допустимый уровень шума на производстве регламентируется СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки". Допустимые значения уровня шума представлен в таблице 15.

Таблица 15 - Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Уровень шума от работающего ПК может достигать 45 дБА. Это ниже чем категория напряженность легкой степени. Однако, современные компьютеры практически бесшумные. Таким образом, данная шумовая нагрузка не будет оказывать вредного воздействия на работников.

- Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

При разработке системы место инженера должно быть освещено на требуемом уровне. Наше зрение напрямую зависит от количества света в помещении. Данный вредный производственный фактор регламентируется СП

52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

При плохом освещении человек быстро устает, работает менее продуктивно, возрастает потенциальная опасность ошибочных действий и несчастных случаев. Наконец, плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям (например, близорукость, спазм аккомодации и др.). Большое гигиеническое значение имеет естественное освещение. Образованное в результате взаимодействия прямого и отраженного света диффузное освещение помещений создает благоприятное распределение яркости, что оказывает положительное действие на зрение.

Гигиенические требования к производственному освещению, основанные на психофизических особенностях восприятия света и его влияния на организм человека, могут быть сведены к следующим:

- спектральный состав света, создаваемого искусственными источниками, должен приближаться к солнечному;
- уровень освещенности должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам, учитывающим условия зрительной работы;
- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении во избежание частой переадаптации и утомления зрения. В то же время, по имеющимся данным, при длительной работе в равномерно освещенном пространстве может нарушаться восприятие формы объектов, реализующееся, в конечном счете, в зрительных галлюцинациях.

Работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК представлены на таблице 16.

Таблица 16 - Требования к освещению

Тип помещения	Освещенность (лк) по Российским нормам (СНиП 23-05-95)	Освещенность (лк) по Международным нормам (МКО)
Офисы общего назначения с использованием компьютеров	200-300	500
Офисы большой площади со свободной планировкой	400	750
Офисы с чертежными работами	500	1000
Конференц-залы	200	300
Лестницы, эскалаторы	50-100	150
Коридоры, холлы	50-75	100
Архивы	75	200
Кладовые	50	100

Рабочее место инженера, разрабатывающего систему пожаротушения, подходит под тип «офис общего назначения с использованием компьютеров», освещение соответствует требуемому уровню по Российским нормам в 200-300 лк, согласно СП 52.13330.2016.

- Перенапряжение органов зрения

Перенапряжение органов зрения в большей степени вызвано работой за ПК. Монитор компьютера испускает излучение, оказывающее вредное воздействие на глаза человека. Согласно СанПиН 2.2.2. / 2.4. 1340-03 расстояние от глаз до монитора должно быть от 60 до 70 см.

Рабочее место инженера не всегда соответствует этим требованиям. Необходимо подобрать правильный стул и стол, правильно установить компьютер для того чтобы обеспечить правильную посадку.

- Умственное перенапряжение

Требования к организации умственного труда:

- Постепенное вхождение в умственную трудовую деятельность. Следует начинать с подготовки работника, планирования его труда
- Соблюдение строгой последовательности в выполнении умственной работы, систематичности и тщательного планирования трудовой деятельности

- Соблюдение оптимального темпа и ритма выполнения умственной работы, что снижает утомляемость
- Установление научно обоснованного режима труда и отдыха при разумном сочетании умственной и физической деятельности

Все требования соблюдаются при выполнении данной работы.

- Повышенная напряженность электрического поля;

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ при бытовой электросети с напряжением в 220 В безопасная продолжительность воздействия от 0,01 до 0,08 с.

Защиту человека от воздействия напряжений прикосновения и токов обеспечивают конструкция электроустановок, технические способы и средства защиты, организационные и технические мероприятия по ГОСТ 12.1.019-79.

Таким образом, организация рабочего места и создание нормальных условий труда обеспечит высокопроизводительные и безопасные условия труда. При этом должны быть предусмотрены меры по предупреждению или снижению утомляемости работника.

7.3 Экологическая безопасность

При разработке системы в офисной среде необходимо использовать системы электронного документооборота. Это поможет избежать излишнего потребления бумаги, чернил и, соответственно, их утилизации. Немаловажным является продуманная утилизация неисправного и устаревшего оборудования или деталей установки для исключения вреда окружающей среде. Утилизация электрооборудования производится в специализированных компаниях. Так же необходимо производить периодический осмотр электромеханического оборудования. Помимо заботы об окружающей среде, тем самым, можно добиться более продолжительной и безопасной работы оборудования. Особое внимание следует уделить утилизации отработанных ртутных газоразрядных ламп, использующихся для освещения помещения с рабочим местом инженера. Они подлежат сдаче в специализированные организации по переработке либо

органам местного самоуправления для транспортировки в такого рода организацию.

Воздействие на литосферу и гидросферу

Верхняя часть литосферы, которая непосредственно выступает как минеральная основа биосферы, подвергается все более возрастающему антропогенному воздействию. Экологическая функция литосферы выражается в том, что она является базовой подсистемой биосферы: вся континентальная и почти вся морская биота опирается на земную кору.

Основное природное богатство недр земли - минерально-сырьевые ресурсы, т.е. совокупность полезных ископаемых, заключенных в них. Добыча (извлечение) полезных ископаемых с целью их переработки - главная цель пользования недрами. Недра - источник не только минеральных ресурсов, но и энергетических запасов (геотермальная энергия). Недра являются не только источником полезных ископаемых или резервуара для захоронения отходов, но и частью среды обитания человека в связи со строительством метрополитенов, подземных городов, объектов гражданской обороны и т.д.

Экологическое состояние недр определяется характером воздействия на них горнодобывающей, строительной и иной деятельности. В современный период масштабы антропогенного воздействия на земные недра огромны. Недра нуждаются в постоянной экологической защите, в первую очередь от истощения запасов сырья, а также от загрязнения их вредными отходами, сточными водами и т.д. Разработка недр оказывает вредное воздействие практически на все компоненты окружающей природной среды и ее качество в целом.

В разрабатываемая системе пожаротушения пожаротушащая пена будет использоваться как пожаротушащее вещество, которое в случае тушения пожара будет проникать в почву, а затем, со сточными водами и в гидросферу. Уровень вредного воздействия зависит от типа пожаротушащей пены.

Пожаротушащая пена образуется при смешивании воды со специальным раствором пенообразователя при подаче воздуха. Поэтому основное вредное воздействие на окружающую среду будет оказывать раствор пенообразователя.

В процессе тушения пена разрушается, а пенообразователи в большинстве случаев попадают в грунт и водоемы. Известны случаи, когда применение пен для тушения пожаров стало причиной экологических локальных катастроф.

Действие пенообразователя на воду состоит в следующем: у воды появляется вязущий вкус, уменьшается прозрачность, увеличивается способность к пенообразованию, понижается концентрация кислорода, угнетается рост микроорганизмов. Кроме того, поверхностно активные вещества, которые лежат в основе пенообразователя, оказывают токсическое действие на водные и наземные экосистемы. Наиболее хорошо изучены последствия загрязнения водоемов. Чем дольше находятся пенообразователи в водоемах, тем опаснее эти последствия. В то же время водная среда способна самоочищаться. Под самоочищением понимают совокупность физических, биологических и химических процессов, направленных на снижение содержания загрязняющих веществ до уровня, не представляющего угрозы для существования водных экосистем. Процессы самоочищения водоемов происходят за счет разбавления, перемешивания, испарения, сорбции взвешенными частицами и донными отложениями, бионакопления, микробиологических превращений и химических превращений гидролизом, окислением, фотолизом. Для самоочищения водоемов существенную роль играет растворимость пенообразователя: чем она больше, тем эффективнее разлагаются поверхностно активные вещества пенообразователя. Это связано с тем, что для биохимического окисления вещества должны попасть внутрь клеток микроорганизмов через полупроницаемые мембраны.

По способности разлагаться под действием микрофлоры водоемов и почв пенообразователи делятся на биологически мягкие (биоразлагаемость более 80 %) и биологически жесткие (биоразлагаемость не более 40 %). Биоразлагаемость пенообразователя указывается в его технических характеристиках.

Популярные фторпротеиновые пенообразователи способны разлагаться фотолизом, но этот процесс идет медленно. Катионоактивные

пенообразователи, хотя и растворимы в воде, но устойчивы к окислению. Пенообразователи на основе сульфатов, сульфонов лучше других растворимы в воде. Они гидролизуются с образованием неорганической соли и углеводорода, который в дальнейшем подвергается микробиологическому разложению.

При использовании пен целесообразно учитывать следующие моменты. После разрушения огнетушащей пены водный поток попадает через стоки, дренажные коллекторы в грунтовые воды, почву и водоемы. Для уменьшения опасных последствий попадания пенообразователя в окружающую среду следует использовать менее вредные пенообразователи и сокращать расход пены на тушение. Для сбора пен целесообразно устраивать обвалование, а также использовать синтетические поглотители пенообразователя в сточных водах пожаров. Полезно использовать практику ФРГ и отказаться от учений с использованием пожаротушащих пен вблизи мест забора воды, в зонах водохранилищ, а также от использования пены для тушения пожаров у очистных сооружений. Но наиболее эффективным способом защиты окружающей среды от действия пожаротушащих пен можно считать применение пенообразователей на основе безвредных биологически разлагаемых поверхностно активных веществ.

Еще один аспект влияния на литосферу это то, что проектируемая система имеет металлические части, которые после истечения срока службы необходимо утилизировать.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при эксплуатации оборудования является пожар на рабочем месте. При неправильном функционировании зарядного устройства ноутбука может произойти нагревание батареи и даже ее воспламенение. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- в помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи; электрическая проводка электрооборудования и осветительных приборов должна быть исправна;
- все сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения и уметь ими воспользоваться, средств связи и номера экстренных служб. В связи с возможностью возникновения пожара разработан следующий план действий:
 - в случае возникновения пожара сообщить о нем руководителю, постараться устранить очаг возгорания имеющимися силами при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель порошковый, углекислотный О-1П0 (з)-АВСЕ);
 - привести в действие ручной пожарный извещатель, если очаг возгорания потушить не удастся;
 - сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
 - принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
 - встретить пожарную охрану, при необходимости сообщить всю необходимую информацию и оказать помощь при выборе наилучшего подхода к очагу возгорания. В здании места работы соблюдены требования пожаробезопасности, имеются средства пожаротушения.

Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек, разрабатывающий автоматизированную систему пожаротушения. Среди этих факторов есть уровень освещённости, показатели микроклимата, психофизиологические факторы и электрический ток. Значения показателей не превышают допустимых значений.

Был проведен анализ нормативной документации. Основываясь на результатах проделанной работы, был предложен ряд мер, для исключения или уменьшения влияния опасных и вредных факторов на человека и окружающую среду. Таким образом, рабочее место соответствует нормативным требованиям по безопасности.

Заключение

В ходе работы было изучено устройство и принцип действия нефтеперекачивающей станции, описан принцип ее работы. Была изучена статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли, разобраны причины их возникновения и последствия возгораний.

Были рассмотрены различные виды установок пенного пожаротушения резервуарных парков. Была изучена информация по существующим роботизированным установкам пожаротушения.

В ходе выполнения работы был проведен обзор существующих наработок по роботизированным установкам пожаротушения. Были выбраны для дальнейшего изучения роботизированная установка от компании «ЭФЭР» и роботизированная установка пожаротушения на базе интеллектуальных пожарных извещателей пламени УИД-01 от компании «СИНКРОСС». Был проведен обзор составляющих данных установок и изучение их технических особенностей.

Для доработки была выбрана роботизированная установка от компании «СИНКРОСС». В ходе работы были выявлены некоторые недостатки данной роботизированной установки. Были предложены решения по ее модернизации и применения для резервуарного парка нефтеперекачивающей станции. Была составлена схема расположения датчиков УИД-01 в стационарном исполнении. Был разработан алгоритм работы установки и схема соединений. Были произведены расчеты по определению угла наведения струи огнетушащего вещества методом аппроксимации.

Список использованной литературы

1. http://ros-pipe.ru/clauses/statistika_pozharov_na_neftebazakh/
2. Химин В. Д. Совершенствование тушения пожара в резервуарном парке ЛПДС. Выпускная квалификационная работа.
3. Макеев С.Г. Разработка модели для оценки экологического ущерба при тушении пожаров нефтепродуктов. Бакалаврская работа.
4. https://vuzlit.ru/115175/sistema_vodyanogo_ohlazhdeniya_orosheniya_r_ezervuarov
5. https://www.pnx-spb.ru/media_centra/mneniya-i-publikacii/1059/
6. <http://r-stroitel.ru/catalog/rezervuarnoe-oborudovanie/sistemy-tusheniya-rezervuarov>
7. Воевода С.С., Молчанов В.П., Шароварников А.Ф., Шароварников С.А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. Издательский дом Калан, Москва, 2002 г., 448 стр.
8. Барышников В.С. Методика расчета сил и средств на тушение пожаров в резервуарном парке. Бакалаврская работа.
9. <https://www.pnx-spb.ru/catalog/rezervuary/>
10. Цариченко С., Синельникова К. Стационарные роботизированные комплексы пожаротушения как составная часть автоматических установок пожаротушения. «Алгоритм безопасности», №5 2007г.
11. Каталог продукции. Пожарные роботы и пожарная ствольная техника. ООО Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР», 2019г.
- 12.
13. Извещатель пожарный пламени с видеокамерой. ИП 328/330-1-1 «УИД-01». Руководство по эксплуатации.
14. Извещатель пожарный пламени с видеокамерой. ИП 328/330-1-1 «УИД-01». Паспорт.
15. Пожарные лафетные стволы пожарные роботы и роботизированные установки пожаротушения во взрывозащищенном исполнении. Рекомендации

по применению. ООО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР», 2017г. Выпуск 1.

16. Проблемы эффективного тушения пожаров вертикальных стальных резервуаров в слой горючего. Кокорин В.В., Романова И.Н. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012, № 3.

17. Пожарный робот лафетный водопенный стационарный. Паспорт. Руководство по эксплуатации. ЗАО «Инженерный центр пожарной робототехники» «ЭФЭР», 2008г.

18. Установка пожаротушения роботизированная на базе извещателя пламени УИД-01. ООО «СИНКРОСС». Саратов, 2015г.

19. Горбань Ю.И. Пожарные роботы и ствольная пожарная техника в пожарной автоматике и охране. – М. : Пожнаука, 2013. – 352с.

20. А.В. Долговидов, С.Ю. Сабинин, В.В. Терехнев. Автономное пожаротушение: реальность и перспективы.

21. Федеральный Закон « О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (№116-ФЗ);

22. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22. 07. 2008 № 123-ФЗ.

23. ГОСТ 12.1.005-88

24. СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96

25. СП 52.13330.2016

26. ГОСТ Р 50923-96

27. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426

28. ГОСТ 12.1.038-82

Схема соединений роботизированной установки пожаротушения на базе пожарных роботов с приводами постоянного тока.



Приложение Б (обязательное)

Алгоритм работы роботизированной установки пожаротушения.

