

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Снижение рисков при тушении пожаров средствами пожаротушения  
на производственных объектах

Обучающийся

И.Г. Чопа

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.В. Резникова

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

## Аннотация

Тема: «Снижение рисков при тушении пожаров средствами пожаротушения на производственных объектах».

В разделе «Анализ нормативных требований к расчету пожарного риска» представлен анализ нормативных требований к расчету пожарного риска.

В разделе «Анализ объекта защиты» представлено описание имеющиеся системы противопожарной защиты, противопожарное водоснабжение; вид, количество и размещение пожарной нагрузки объекта защиты.

В разделе «Анализ рисков при тушении пожаров на производственном объекте» проводится анализ сценариев развития пожара на объекте и анализ рисков при тушении пожаров.

В разделе «Разработка мероприятий по снижению рисков при тушении пожаров на производственном объекте» предложены мероприятия, направленные на снижение рисков при тушении пожаров.

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

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

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

Количественная характеристика работы: объем работы составляет 63 страницы, 3 рисунка, 24 таблицы.

## Содержание

Введение.....	4
Термины и определения .....	5
Перечень сокращений и обозначений.....	6
1 Анализ нормативных требований к расчету пожарного риска .....	7
2 Анализ объекта защиты.....	13
3 Анализ рисков при тушении пожаров на производственном объекте .....	18
4 Разработка мероприятий по снижению рисков при тушении пожаров на производственном объекте.....	30
5 Охрана труда.....	40
6 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	46
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	52
Заключение .....	58
Список используемых источников.....	61

## Введение

Актуальность исследования обусловлена важностью вопросов государственного регулирования основ обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации и в Амурской области, и зависит от ряда обстоятельств и факторов. Ухудшение пожароопасной обстановки в нынешних условиях связано с развитием научно-технического прогресса, появлением новых технологий.

Эти и многие другие факторы приводят к увеличению количества пожаров и возрастанию ущерба от них.

Степень разработанности проблемы. Теоретическую основу исследования составляет большой круг источников, к числу которых относятся монографии и статьи, отражающие результаты изучения процессов, связанных с государственным регулированием основ обеспечения пожарной безопасности, законодательные и нормативные акты федеральных, региональных и местных органов государственной власти Российской Федерации, материалы научно-практических конференций и семинаров.

Цель исследования – разработать мероприятия, направленные на снижение рисков при тушении пожаров.

Задачи:

- провести анализ нормативных требований к расчету пожарного риска;
- описать оперативно-тактическую характеристику объекта;
- проанализировать имеющиеся системы противопожарной защиты;
- провести анализ сценариев развития пожара на объекте и анализ рисков при тушении пожаров;
- произвести оценку профессионального риска на рабочих местах;
- оценить нагрузку предприятия на окружающую среду;
- выполнить оценку эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

## Термины и определения

В настоящей работе применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Анализ опасностей – это метод, используемый для проверки рабочего места на наличие опасностей, которые могут привести к несчастным случаям [5].

Загрязнение окружающей среды – «поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду» [2].

Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков – «классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях и пожарных отсеках технологических процессов производства» [10].

Нормативные документы по пожарной безопасности – национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности (нормы и правила), правила пожарной безопасности, а также действовавшие до дня вступления в силу соответствующих технических регламентов нормы пожарной безопасности, стандарты, инструкции и иные документы, содержащие требования пожарной безопасности.

Охрана труда – «вид деятельности, неотъемлемый элемент трудовой и производственной деятельности, направленный на сохранение трудоспособности наемного работника и иных приравненных к ним лиц; и представляющий из себя систему правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий» [11].

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [10].

Пожарная опасность веществ и материалов – «состояние веществ и материалов, характеризующее возможность возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [10].

Противопожарный режим – «комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации объекта (изделия), направленных на обеспечение его пожарной безопасности» [10].

Пожарная сигнализация – «совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд» [10].

Система обеспечения пожарной безопасности – «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами» [10].

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяют следующие сокращения и обозначения:

АСФ – аварийно-спасательное формирование.

АУП – автоматическая установка пожаротушения.

АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

ГДЗС – газодымозащитная служба.

ГСМ – горючесмазочные материалы.

ГУ – главное управление.

ЗВ – загрязняющее вещество.

ОРО – объект размещения отходов.

ОТВ – огнетушащее вещество.

ОФП – опасные факторы пожара.

ПВХ – поливинилхлорид.

ПГ – пожарный гидрант.

ПК – пожарный кран.

ПСЧ – пожарно-спасательная часть.

РТП – руководитель тушения пожара.

РТС – робототехническое средство.

СИЗ – средство индивидуальной защиты.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией.

СПСЧ – специальная пожарно-спасательная часть.

СТУ – специальные технические условия.

ТКО – твёрдые коммунальные отходы.

УТП – участок тушения пожара.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

ФКУ – федеральное казённое учреждение.

ФПС – федеральная противопожарная служба.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

РWM – широтно-импульсная модуляция.

## **1 Анализ нормативных требований к расчету пожарного риска**

В научной литературе создан определенный фундамент для изучения содержания и специфики реализации государственного регулирования основ обеспечения пожарной безопасности субъекта Российской Федерации.

В области исследования государственного регулирования основ обеспечения пожарной безопасности следует отметить работы таких отечественных ученых, как: В.П. Аксютин, Н.А. Шелудько, И.Л. Саво, В.П. Соломин, Л.А. Михайлов, О.Н. Русак.

Для каждого типа зданий предусмотрены нормативные значения пожарных рисков, которые нужно соблюдать при проектировании, строительстве и эксплуатации. Рассчитывать пожарные риски необходимо в соответствии с регламентом Закона № 123-ФЗ, Приказами МЧС №6082 и 404.

Юридическое понятие пожарного риска указано в статье 2 Закона № 123-ФЗ – это мера возможности реализации пожарной опасности объекта, последствий для человека и имущества. Для расчета и оценки пожарного риска применяются следующие показатели:

- тип и целевое назначение здания (жилой или нежилой объект, производственное или общественное здание);
- параметры и функциональные характеристики объекта (высота, площадь, количество помещений);
- список возможных причин возгораний;
- перечень пожароопасных причин и ситуаций;
- перечень возможных последствий, которые могут наступать по причине возгорания.

Расчет пожарных рисков происходит путем определения показателей и их сравнения с нормативными значениями, построения моделей по времени эвакуации из здания и помещений, полей опасных факторов. Расчеты будут включаться в специальные технические условия, проектную документацию, в декларацию пожарной безопасности. Проверять расчеты будут



специалисты МЧС при согласованиях и экспертизах.

Основные нормы пожарной безопасности, которые применяются в проектировании и строительстве, указаны в Федеральном законе № 123-ФЗ.

Также для расчета пожарных рисков нужно применять:

- Федеральный закон № 123-ФЗ [10];
- ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность [9].

Также есть специальные нормативные акты для проверки и согласования документов, в которые включены расчеты пожарных рисков. Например, при согласовании СТУ (специальные технические условия) применяется Приказ МЧС № 710. Расчеты, включенные в проектную документацию, будут проверены в ходе экспертизы.

Формы оценки соответствия по пожарной безопасности:

- проверка МЧС (федеральный пожарный надзор): проводится в отношении объектов, предприятий, оборудования, продукции. Проводится в соответствии с планом-графиком не чаще 1 раза в 3 года. Для объектов повышенного риска периодичность может быть 1 раз в два года;
- сертификация: проводится в отношении продукции, включенной в Постановление № 241. Предусматривает анализ документов, испытания по образцам товаров в лабораторных условиях. Сертификацию могут проводить только органы и центры, аккредитованные МЧС;
- пожарная экспертиза: исследование по вопросам, требующим специальных (экспертных) познаний в сфере пожарной безопасности.

Обеспечить нормы противопожарной безопасности нужно при строительстве и реконструкции каждого объекта. Для этого определяются и изучаются возможные опасности, анализируются условия и последствия распространения огня. На основе расчетов и моделирования определяются решения в сфере пожарной безопасности, проектируются сети и

оборудование, пути эвакуации людей. Чтобы выбрать правильные решения, снижающие опасность для людей и имущества, делаются расчеты пожарных рисков.

Полностью устранить риски возгораний и пожаров невозможно. Однако если знать возможные виды опасностей и точно оценить их последствия, можно спроектировать эффективную систему пожаротушения, выбрать нужные конструктивные и планировочные решения, подобрать стройматериалы или оборудование.

В статье 2 Закона № 123-ФЗ есть определение основных видов «пожарных рисков:

- индивидуальный пожарный риск – степень опасности, которая может привести к смерти человека в результате пожара и сопутствующих факторов;
- социальный пожарный риск – степень опасности, которая может повлечь гибель группы людей;
- допустимый пожарный риск – показатель опасности, который допустим и обоснован исходя из» [4] экономическо-социальных условий.

«Расчет пожарного риска может производиться в следующих случаях:

- а) в составе декларации пожарной или промышленной безопасности (как для эксплуатируемых, так и для проектируемых объектов);
- б) для проектируемых объектов:
  - 1) для подтверждения обеспечения пожарной безопасности объекта при невыполнении отдельных требований нормативных документов, учитываемых Методикой пожарного риска при проектировании объекта (без разработки СТУ),
  - 2) подтверждения эффективности комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей при пожаре и содержащихся в специальных технических условиях, разработанных в соответствии со статьей 78 Федерального

закона» [10];

в) «для эксплуатируемых объектов:

- 1) для подтверждения обеспечения пожарной безопасности объекта при невыполнении отдельных требований нормативных документов, учитываемых Методикой пожарного риска при проектировании объекта,
- 2) для подтверждения эффективности комплекса необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, разработанных для объектов защиты, которые были введены в эксплуатацию, либо проектная документация на которые была направлена на экспертизу до дня вступления в силу Федерального закона» [10].

«Расчет пожарного риска в соответствии с методикой, как правило, необходимо производить для здания или сооружения в целом» [4].

«Вместе с тем расчет пожарного риска следует производить для части здания или сооружения при выполнении следующих условий:

- часть здания или сооружения функционально является самостоятельным объектом, то есть предназначена для эксплуатации отдельно от остальных частей здания (сооружения) и остальные части объекта могут эксплуатироваться отдельно от нее;
- указанная часть здания или сооружения отделена от остальной части объекта в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности глухими противопожарными преградами, предотвращающими распространение опасных факторов пожара в другие части здания;
- пути эвакуации из указанной части здания обособлены от путей эвакуации из других частей (не имеют общих участков)» [4].

В содержании Закона № 123-ФЗ есть и дополнительная классификация, которую нужно учитывать при независимом пожарном аудите. Например,

показатель R1 подразумевает возможность человека столкнуться с пожаром при проживании или пользовании объектом и инфраструктурой, R2 – человек может пострадать при пожаре и сопутствующих обстоятельствах, R3 – есть опасность погибнуть при возгорании. Такая же градация применяется для оценки рисков имущественного ущерба.

Вывод по разделу.

В разделе представлен анализ нормативных требований к расчету пожарного риска.

Несмотря на высокий уровень теоретической разработанности проблематики государственным регулированием основ обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, исследования ее реализации нельзя признать достаточным в современных условиях.

Нормативной основой исследования явились Конституция Российской Федерации, федеральные законы, указы Президента Российской Федерации, постановления и распоряжения Правительства Российской Федерации, нормативно-правовые акты, регулирующие вопросы реализации государственного регулирования основ обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации.

## 2 Анализ объекта защиты

Практическая значимость исследования обоснована выводами и предложениями, сделанными по результатам проведенного анализа проблем реализации государственного регулирования основ обеспечения пожарной безопасности на примере ФКУ «Специальное управление ФПС № 60 МЧС России».

Юридический адрес: 676470, Амурская область, ЗАТО Циолковский, ул. Победы, д. 223

Территориальный гарнизон пожарной охраны Амурской области образован в границах субъекта. На вооружении ГУ МЧС России по Амурской области подразделений находится 373 единицы автомобильной, пожарной техники, плавсредств и беспилотных летательных аппаратов.

По плану переоснащения реагирующих подразделений МЧС России в 2021 году подчиненным подразделениям Главного управления поступило на вооружение 6 единиц техники, в том числе:

- автоцистерна пожарная АЦ-6,0 - 40 – 3 ед.;
- пожарный рукавный автомобиль АР-2 – 1 ед.;
- пожарно-насосная станция ПНС – 100 – 1 ед.;
- пожарный автомобиль первой помощи АПП-0,8-40/4 NATISK – 1 ед.

Специальная пожарно-спасательная часть №2 охраняет объект «Космодром восточный».

В качестве производственного объекта возьмём котельный блок «Космодром восточный» (таблица 1).

Таблица 1 – Общие сведения о котельных блоках

Характеристика	Показатель
Функциональное назначение	теплоснабжение площадки № 2 на техническом комплексе
Принадлежность организации	ФГУП «ЦЭНКИ»
Площадь территории	10532 м <sup>2</sup>

Продолжение таблицы 1

Характеристика	Показатель
Размеры здания	48000×18000×8000 мм
Размеры административного блока	24000×6000×7000 мм
Площадь застройки	1122,8 м <sup>2</sup>
Общий объем помещений	9947 м <sup>3</sup>
Высота здания	8 м
Количество входов	6
Количество лестниц	4
Степень огнестойкости и этажность зданий основных зданий и сооружений	II
Вид строительных конструкций зданий:	
- стены	Сэндвич-панели
- перегородки	кирпичные, гипсокартонные
- перекрытия	REI 60
- кровля	Двухскатная, сэндвич-панели
-потолки	—
-полы	Керамические плиты, бетонные с линолеумом
-оконные проемы	Алюминиевые витражные системы, ПВХ профили, двухкамерный стеклопакет
-дверные проемы	Стальные двери, стальные ворота с калиткой, деревянные в комнатах
Количество людей:	
Средняя посещаемость организации	
В рабочие дни	10
В выходные дни	6
Максимальная посещаемость организации	
В рабочие дни	13
В выходные дни	6

Данные о пожарной нагрузке в помещениях котельной представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные о пожарной нагрузке в помещениях котельной

Тип материала (вещества)	Материалы (вещество)
Основные горючие вещества и материалы, находящиеся в организации Взрывопожароопасные производства	Дизельное топливо

Общие сведения о резервуарном парке представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие сведения о резервуарном парке

Характеристика	Показатель
Количество резервуаров в парке	5 штук
Площадь обвалования	885 м <sup>2</sup>
Тип резервуара	Наземный
Объем каждого резервуара	1000 м <sup>3</sup>
Диаметр резервуара	12780 мм
Хранимая жидкость	ГЖ, дизельное топливо
Наличие сухотрубов для пенной атаки	есть
Количество стационарных ГПС-600	2
Высота резервуара	10 м
Тип крыши	Стационарная

Пожарная опасность веществ и материалов, обращающихся в производстве и меры защиты личного состава пожарной охраны представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Пожарная опасность веществ и материалов

Наименование помещения, технологического оборудования	Наименование горючих (взрывчатых) веществ и материалов	Количество (объем) в помещении, (кг, л, м <sup>3</sup> )	Краткая характеристика пожарной опасности	Средства тушения	Рекомендации по мерам защиты л/с	Дополнительные сведения
Котельный зал, водогрейные котлы; резервуарный парк; насосная станция.	Дизельное топливо	300 л	Горючая жидкость температура вспышки 30-70 °С Кипение при 240-280 °С	Пена средней кратности	Защитная одежда пожарного	J <sub>тр</sub> = 0,05

Сведения о наружном противопожарном водоснабжении представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сведения о наружном противопожарном водоснабжении

Характеристика	Показатель
Пожарный водопровод его диаметр, его вид, расход воды количество гидрантов их номера и расстояние до объекта [1]	Все ПГ на территории котельной – кольцевые, диаметр – 400 мм, 9 штук. ПГ № 1 (ГП 13.6); ПГ № 2 и ПГ № 3 (между ГП 13.6 и ГП 13.1 ); ПГ № 4 и ПГ № 9 (ГП 13.1); ПГ № 5 и ПГ № 6 (ГП 13.2); ПГ № 7 (ГП 13.4 и ГП 13.2); ПГ № 8 (ГП 13.1, ГП 13.4 и ГП 13.2).

Данные о системе противопожарной защиты организации представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Данные о системе противопожарной защиты организации

Наименование систем защиты	Сведения
Сведения о системе автоматического обнаружения пожаров, ее тактико-техническая характеристика	Во всех помещениях предусмотрены извещатели автоматические пожарные дымовые опτικο-электронные ИП212-3СУ, ИП101-18, ИПП103-4/1-70. Не введены в эксплуатацию.
Сведения о системе автоматического извещения о пожаре, ее тактико-техническая характеристика	
Сведения о системе телевизионного наблюдения, ее тактико-техническая характеристика	Отсутствует
Сведения о системе автоматического оповещения о пожаре, ее тактико-техническая характеристика	При срабатывании пожарной сигнализации предусмотрено включение светового и звукового оповещения людей 3 типа. Не введена в эксплуатацию.
Сведения о системе автоматического управления эвакуацией людей на пожаре, ее тактико-техническая характеристика	Технологические установки обнаружения и тушения пожара. Не введена в эксплуатацию.
Сведения о системе водяного пожаротушения, ее тактико-техническая характеристика	Внутренний кольцевой водопровод диаметр 100 мм. Выходные соединительные головки из ПК диаметром 66 мм.

Каждому объекту на исследуемом производственном предприятии был присвоен уровень пожарной опасности в соответствии с его функциональной значимостью.



Вентиляция котельной приточно-вытяжная с трехкратным воздухообменом в час. Приток осуществляется через жалюзийную решетку, вытяжка через вентиляционный канал.

Электроснабжение котельных осуществляется по I категории надежности электроснабжения.

Вывод по разделу.

В разделе представлено описание имеющиеся системы противопожарной защиты, противопожарное водоснабжение; вид, количество и размещение пожарной нагрузки объекта защиты.

Присвоенный уровень пожарной опасности в соответствии с его функциональной значимостью позволило выделить объекты, которые могут быть более подвержены риску в случае пожара, например – котельный блок «Космодром восточный».

Для выполнения задач по предназначению ФКУ «Специальное управление ФПС № 60 МЧС России» оснащен автомобильной техникой, плавсредствами, техникой повышенной проходимости, альпинистским снаряжением, специальным спасательным оборудованием и имуществом.

Специальное управление ФПС МЧС России осуществляет широкий спектр задач в области обеспечения пожарной безопасности и контроля за надежностью зданий и сооружений.

### **3 Анализ рисков при тушении пожаров на производственном объекте**

Анализ пожарной опасности включает в себя оценку вероятности возникновения пожаров, классификацию помещений и оборудования с учетом их пожарной опасности, а также расчет потенциального риска от взрывов и пожаров.

Результаты анализа позволяют оценить эффективность мер по предотвращению и тушению пожаров.

Анализ защиты технологического процесса включает оценку эффективности систем противопожарной защиты, методов контроля и предупреждения аварийных ситуаций.

Результаты практики позволяют улучшить методы обучения персонала и взаимодействия с другими ведомствами.

Полученные данные и опыт взаимодействия с ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России» имеют важное значение для повышения эффективности мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и готовности к чрезвычайным ситуациям. Этот отчет является ценным вкладом в область пожарной безопасности и готовности к чрезвычайным ситуациям.

Проведём анализ сценариев развития пожара на объекте.

Место возникновения пожара первого возможного сценария – территория в обваловании резервуарного парка котельного блока космодрома.

В результате нарушения требований безопасности при сливе дизельного топлива из железнодорожных цистерн, в РВС № 3 произошло возгорание дизельного топлива с последующим его разрушением, что привело к разливу топлива из РВС по площади обвалования.

Прогноз развития пожара (1 вариант) представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Прогноз развития пожара (1 вариант)

Показатель	Сведения
Обоснование возможных мест возникновения пожара, аварии (ЧС)	Наибольшую пожарную опасность представляют собой процессы слива топлива, обслуживания резервуаров.
Пути возможного распространения пожара, аварии (ЧС)	по трубопроводу с насосной станции в резервуары, по площади обвалования
Места возможного обрушения конструкций и оборудования, взрывов аппаратов и сосудов, находящихся (работающих) под давлением, границы растекания горючих веществ и материалов	Резервуары, топливные трубопроводы, металлические лестницы в котельном зале
Возможные зоны задымления и прогнозируемая концентрация продуктов горения	административная часть в зданиях котельной (Блок № 1 и Блок № 2)
Возможные параметры пожара, аварии (ЧС)	Пролив дизельного топлива по площади обвалования, возгорание в резервуаре.

Пожар в результате разгерметизации цистерны с дизельным топливом при сливе, произошел розлив топлива со следующим воспламенением по площадке между эстакадой и хранилищем, на железнодорожные пути и в обвалование между соседними железнодорожными ветками. Высокая температура и сильное задымление. Ветер северный 5 м/сек. Угроза распространения на соседнюю цистерну, вагон, здание насосной, цистерны, расположенные на соседнем пути.

Прогноз развития пожара (2 вариант) представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Прогноз развития пожара (2 вариант)

Показатель	Сведения
Обоснование возможных мест возникновения пожара	Наибольшую пожарную опасность представляют собой процессы слива ГСМ.
Пути возможного распространения пожара	Распространение пожара возможно снаружи на котельной, внутреннее оборудование котельной, а также при сливе по заправочным трубам.
Места возможного обрушения конструкций и оборудования, взрывов аппаратов и сосудов, находящихся (работающих) под давлением, границы растекания горючих веществ и материалов	На данном объекте стартовой площадки при сливе либо подготовительных работах возможен: пролив топлива с дальнейшим искровыделением и взрывом, а также замыкание проводки в сооружении.

Продолжение таблицы 8

Показатель	Сведения
Возможные зоны задымления и прогнозируемая концентрация продуктов горения	Помещения заправки - 1-го этажа розлив и испарение топлива (керосин, нафтил)
Возможные параметры пожара	Растекание по поверхности ёмкостной, с дальнейшим проливом на низ лежащий уровень (-6,000 м). Пожарная нагрузка: топливо, окислитель. Продолжительность пожара до 24 часов. Площадь, периметр и фронт пожара до 400 м <sup>2</sup> . Температура пожара до 3000 °С

Организация работ по спасению людей представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Организация работ по спасению людей

Показатель	Сведения
Предполагаемая численность лиц, находящихся (работающих, находящихся) в организации, сведения о местах нахождения и физическое состояние людей (способность самостоятельно передвигаться и принимать решения)	Днем до 13 человек Ночью до 6 человек
Сведения о путях эвакуации, выходах из здания	На путях эвакуации предусмотрены ручные пожарные извещатели ИПР. При срабатывании пожарной сигнализации предусмотрено включение светового и звукового оповещения людей. Эвакуация людей осуществляется через 2 лестничные клетки, наружу и 17 эвакуационных выходов непосредственно наружу
Информация о предполагаемом сосредоточения людей в помещениях	Административный корпус: Днем – 6 человек Ночью – 2 человек Технологический блок: Днем – 2 человек Ночью – 4 человек
Порядок проведения спасательных работ и привлекаемой для этих целей техники и оборудования	Согласно расписанию выездов ФКУ «Специальное управление ФПС № 60 МЧС России» по 2-му номеру вызова.
Порядок оказания первой помощи пострадавшим	Вывести из непригодной для дыхания среды пострадавшего на свежий воздух.

Организация тушения пожара подразделениями пожарной охраны [3] при варианте № 1 представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Организация тушения пожара подразделениями пожарной охраны при варианте № 1

Время от начала развития пожара	Возможная обстановка пожара	Рекомендации РТП
Ч+00	В результате разгерметизации цистерны возник пожар на сливной эстакаде площадью 400 м <sup>2</sup> . От взрывной волны произошло вскрытие оконного проема здания насосной. Угроза взрыва соседней цистерны, соседнего вагона с цистернами, распространения пожара в здание хранилища.	
Ч+01	Обстановка та же. Обслуживающий персонал принимает меры по эвакуации людей на безопасное расстояние, отключение электроэнергии, выдача допуска РТП-1 на тушение пожара в электроустановках, установленного образца и организует тушение пожара имеющимися первичными средствами.	Дежурный караул в составе двух отделений на АЦ-40, находится на обслуживании мероприятий по сливу керосина на стартовом комплексе космодрома «Восточный». РТП-1 докладывает радиотелефонисту СПСЧ № 2 о возникновении пожара, объявляет ранг пожара № 3, определяет решающее направление, проводит развертывание сил и средств на решающем направлении. Устанавливает «21» на ПГ-32, «22» на ПГ-51. Формирует 3 звена ГДЗС: - звено № 1, со стволом РСК-70 на охлаждение цистерн; - звено № 2, со стволом РСК-50 на защиту здания хранилища; - звено № 3, со стволом РСК-50 на защиту емкостей в хранилище.
Ч+02	Обстановка та же.	Радиотелефонист СПСЧ №2 – принимает сообщение о пожаре, уточняет что, где горит. Оповещает диспетчера гарнизона и направляет резервные силы к месту тушения пожара. Диспетчер гарнизона – оповещает руководство управления о ранге пожара и месте возникновения, высылает необходимые силы и средства к месту пожара, оповещает службы жизнеобеспечения, должностных лиц управления, дежурного инспектора ОФГПН. Передаёт данные по вызову на ЦУКС. Дежурные караулы СПСЧ № 3 и СПСЧ № 2 – выезжает из СПСЧ № 2 к месту пожара, кратчайшим путем, с максимально возможной скоростью.

Продолжение таблицы 10

Время от начала развития пожара	Возможная обстановка пожара	Рекомендации РТП
Ч+07	<p>Пожар достиг площади 700 м<sup>2</sup> Угроза распространения пожара в здание хранилища, происходит вскрытие остальных оконных проемов.</p> <p>На пожар прибывают заместитель начальника СПСЧ № 2, АЛ-50, дежурный караул СПСЧ № 1 в составе 2-х отделений на АЦ-40, дежурный караул СПСЧ № 3 в составе 2-х отделений на АЦ-40, АКП-50, АШ.</p>	<p>РТП-1 – начальник караула СПСЧ № 2 (20) по радиостанции передает радиотелефонисту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацию по принятым решениям с учетом складывающейся обстановки;</li> <li>- о прибытии на место вызова караула СПСЧ № 1 и № 3, заместителя начальника СПСЧ № 2.</li> </ul> <p>Докладывает старшему должностному лицу о принятых решениях.</p> <p>РТП-2 – заместитель начальника СПСЧ № 2 (202), оценив складывающуюся обстановку, подтверждает номер (ранг) вызова – № 3 (условно), отдает распоряжения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. «11», установить на ПГ-34, «12» в резерв для создания запаса пенообразователя.</li> <li>2. «106-му» сформировать звено ГДЗС со стволом «РСК-50» в разведку, эвакуация людей из административной части здания хранилища. В дальнейшем обеспечить защиту оборудования внутри здания.</li> <li>3. «11» установить на ПГ-49,</li> <li>4. «105-му» сформировать звено ГДЗС, со стволом РСК-70 на защиту здания и охлаждение вагона с южной стороны здания.</li> <li>5. «106-му» прикрепить к «15» гребенку пенослива на 2 ГПС-600.</li> <li>6. «106-му» сформировать звено ГДЗС, со стволом РСК-50 на защиту технологического оборудования и емкостей внутри хранилища</li> </ol>
Ч+09	<p>Пожар достиг площади 700 м<sup>2</sup> Угроза распространения пожара в здание хранилища, происходит вскрытие остальных оконных проемов.</p> <p>На пожар прибывают заместитель начальника СПСЧ № 2, АЛ-50, дежурный караул СПСЧ № 1 в составе 2-х отделений на АЦ-40, дежурный караул СПСЧ № 3 в составе 2-х отделений на АЦ-40, АКП-50, АШ.</p>	<p>РТП-1 – начальник караула СПСЧ № 2 (20) по радиостанции передает радиотелефонисту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацию по принятым решениям с учетом складывающейся обстановки;</li> <li>- о прибытии на место вызова караула СПСЧ № 1 и № 3, заместителя начальника СПСЧ № 2.</li> </ul> <p>Докладывает старшему должностному лицу о принятых решениях.</p> <p>РТП-2 – заместитель начальника СПСЧ № 2 (202), оценив складывающуюся обстановку, подтверждает номер (ранг) вызова – № 3 (условно), отдает распоряжения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. «11», установить на ПГ-34, «12» в резерв для создания запаса пенообразователя.</li> </ol>

Продолжение таблицы 10

Время от начала развития пожара	Возможная обстановка пожара	Рекомендации РТП
-	-	<p>2. «10-му» сформировать звено ГДЗС со стволом «РСК-50» в разведку, эвакуация людей из административной части здания хранилища. В дальнейшем обеспечить защиту оборудования внутри здания.</p> <p>3. «31» установить на ПГ-49, «33» в резерв для создания запаса пенообразователя.</p> <p>4. «30-му» сформировать звено ГДЗС, со стволом РСК-70 на защиту здания и охлаждение вагона с южной стороны здания.</p> <p>5. «16-му» прикрепить к «15» гребенку пенослива на 2 ГПС-600.</p> <p>6. «36-му» сформировать звено ГДЗС, со стволом РСК-50 на защиту технологического оборудования и емкостей внутри хранилища.</p> <p>7. «35», «05» в резерв к мобильной башне</p>
Ч+15	Обстановка та же.	<p>РТП-2 определяет границы пожара и создает два участка тушения пожара:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- УТП – 1 защита и охлаждение не горящих цистерн;</li> <li>- УТП-2 защита здания хранилища и технологического оборудования внутри здания.</li> <li>- формирует оперативный штаб пожаротушения</li> </ul>
Ч+20	<p>Обстановка та же.</p> <p>На место прибывает начальник гарнизона и автобус с резервным личным составом, резервное отделение СПСЧ № 2 на АЦ-5,5-40, заправленное пенообразователем; руководящий состав управления</p> <p>Скорая помощь – 2 бригады, Полиция – 2 экипажа.</p>	<p>РТП-3 –начальник гарнизона «1-й» по радиостанции передает на ПСЧ СПСЧ № 2 о прибытии на место вызова.</p> <p>Принимает доклад об обстановке и принятых решениях от РТП-2.</p> <p>Подтверждает номер (ранг) вызова № 3, отдает распоряжения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- назначает должностных лиц оперативного штаба пожаротушения и начальников УТП;</li> <li>- определяет приданные силы и средства;</li> <li>- «30-му» по готовности УТП-3 к пенной атаке, доложить!</li> <li>- «23» установить на ПГ-50, проложить две магистральные линии с юго-восточной стороны здания хранилища, подать 4 ствола ГПС-600, приготовиться к пенной атаке.</li> </ul>

Продолжение таблицы 10

Время от начала развития пожара	Возможная обстановка пожара	Рекомендации РТП
Ч+35	Обстановка та же	«202» докладывает РТП-3 о готовности к пенной атаке
Ч+40	Локализация	РТП-3 подает команду о начале пенной атаки и по радиостанции передает на ПСЧ СПСЧ № 2 о локализации пожара $S_{п} = 706 \text{ м}^2$
Ч+55	Пожар ликвидирован.	РТП-3 передает на ПСЧ СПСЧ № 2 о ликвидации с места вызова. Отдает распоряжения НУТП о сворачивании сил на участках тушения пожара. Подразделения по команде РТП возвращаются к месту дислокации.

Расчет индивидуального пожарного риска выполняется в соответствии с Методикой утвержденной приказом МЧС России от 02.12.2015 г. № 632 «О внесении изменений в методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС от 30.06.2009 № 382» [4].

В соответствии с п. 18 Методики «Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей заключается в определении вероятности эвакуации людей из здания при пожаре. Вероятность эвакуации людей определяется по формуле (3) на основе сопоставления значений времени эвакуации людей и времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара» [4].

«Для проведения анализа пожарной опасности осуществляется сбор данных о здании, который включает:

- объемно-планировочные решения;
- теплофизические характеристики ограждающих конструкций и размещенного оборудования;



- вид, количество и размещение горючих веществ и материалов;
- количество и места вероятного размещения людей;
- системы пожарной сигнализации и пожаротушения, противодымной защиты, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей» [4].

«На основании полученных данных производится анализ пожарной опасности здания, при этом учитывается:

- возможная динамика развития пожара;
- состав и характеристики системы противопожарной защиты;
- возможные последствия воздействия пожара на людей и конструкции здания» [4].

Согласно п. 19 Методики «в соответствии с разделом II настоящей Методики проводится определение расчетной величины индивидуального пожарного риска  $Q_B$  и сопоставление ее с нормативным значением индивидуального пожарного риска  $Q_B^H$ .

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если (формула 1):

$$Q_B < Q_B^H, \quad (1)$$

где  $Q_B$  – расчетная величина индивидуального риска;

$Q_B^H$  – нормативное значение индивидуального пожарного риска ( $10^{-6}$  год $^{-1}$ )» [11].

«Расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_B$  для каждого сценария рассчитывается по формуле (2):

$$Q_B = Q_{II} \cdot (1 - K_{an}) \cdot P_{np} \cdot (1 - P_{з}) \cdot (1 - K_{nz}), \quad (2)$$

где  $Q_{II}$  – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в методике (приложение 1);

$K_{ап}$  – коэффициент, учитывающий соответствие системы автоматического пожаротушения требованиям нормативных документов пожарной безопасности;

$P_{пр}$  – вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения  $P_{пр} = t_{функц}/24$ , где  $t_{функц}$  – время нахождения людей в здании в часах;

$P_{э}$  – вероятность эвакуации людей;

$K_{пз}$  – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре» [4].

«Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов пожарной безопасности, рассчитывается по формуле (3):

$$K_{пз} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{соуэ}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{пдз}), \quad (3)$$

где  $K_{обн}$  – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов пожарной безопасности;

$K_{соуэ}$  – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией требованиям нормативных документов пожарной безопасности;

$K_{пдз}$  – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты требованиям нормативных документов пожарной безопасности» [4].

«Время начала эвакуации  $t_{об}$  утверждению методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (с изменениями на

2 декабря 2015 года) определяется в соответствии с пунктом 1 приложения № 5 к настоящей Методике» [4].

С целью моделирования развития и построения полей опасных факторов пожара проводится экспертный выбор сценария или сценариев пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия для находящихся в здании людей.

Формулировка сценария развития пожара включает в себя следующие этапы:

- выбор места нахождения первоначального очага пожара и закономерностей его развития;
- задание расчетной области (выбор рассматриваемой при расчете системы помещений, определение учитываемых при расчете элементов внутренней структуры помещений, состояния проемов);
- задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений.

В соответствии с приложением № 6 Методики формулируется математическая модель развития пожара и проводится моделирование его динамики развития.

На основании результатов расчетов осуществляется построение полей опасных факторов пожара и определяется значение времени блокирования путей эвакуации ОФП.

В качестве сценариев с наихудшими условиями пожара следует рассматривать сценарии, характеризуемые наиболее затрудненными условиями эвакуации людей и (или) наиболее высокой динамикой нарастания ОФП, а именно пожары:

- в помещениях, рассчитанных на одновременное присутствие 50 и более человек;
- в системах помещений, в которых из-за распространения ОФП возможно быстрое блокирование путей эвакуации (коридоров, эвакуационных выходов). При этом очаг пожара выбирается в

помещении малого объема вблизи от одного из эвакуационных выходов, либо в помещении с большим количеством горючей нагрузки, характеризующейся высокой скоростью распространения пламени;

- в помещениях и системах помещений атриумного типа;
- в системах помещений, в которых из-за недостаточной пропускной способности путей эвакуации возможно возникновение продолжительных скоплений людских потоков.

В зависимости от вышеуказанных значений рассчитывается вероятность эвакуации людей.

Вероятность эвакуации людей:

- сценарий 01 в расчетной точке 02/1 составляет: 0,66489;
- сценарий 02 в расчетной точке 01/1 составляет: 0,89355.

Значения коэффициентов, учитывающие соответствие систем противопожарной защиты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Коэффициенты

Коэффициент	Значение
Qп, вероятность пожара	0,00888
Коэффициент	Значение
Rпр, вероятность присутствия людей	1
Kап – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,9
Kобн – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
Kсоуэ – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
Kпдз – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
Kпз – коэффициент, учитывающий соответствие систем пожарной защиты требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8704

Расчетная величина пожарного риска по зданию при сценарии 01 составляет  $0,115 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>. Расчетная величина пожарного риска по зданию при сценарии 02 составляет  $0,085 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>.

Расчитанные значения индивидуального пожарного риска не превышает значения одной миллионной в год, следовательно, безопасность людей в здании обеспечивается.

Вероятность возникновения пожаров на данном объекте низка, исходя из прошлых инцидентов и статистических данных. Однако, несмотря на низкий уровень пожарной активности, необходимо сохранять высокий уровень бдительности и готовности к действиям в случае пожара. Учебные аудитории, места хранения специализированного оборудования и инфраструктура оперативной реакции на чрезвычайные ситуации являются наиболее функционально значимыми объектами. Оценка уровня пожарной опасности позволяет выделить наиболее уязвимые зоны, где следует уделять особое внимание обеспечению пожарной безопасности

Выводы по разделу.

В разделе на основе проведенного анализа были выявлены факторы пожарной опасности на объекте ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России». Эти результаты послужили основой для разработки мероприятий по улучшению пожарной безопасности и уменьшению рисков возникновения пожаров и взрывов.

Вероятность возникновения пожаров на объекте низка, исходя из прошлых инцидентов и статистических данных. Однако, несмотря на низкий уровень пожарной активности, необходимо сохранять высокий уровень бдительности и готовности к действиям в случае пожара. Учебные аудитории, места хранения специализированного оборудования и инфраструктура оперативной реакции на чрезвычайные ситуации являются наиболее функционально значимыми объектами. Оценка уровня пожарной опасности позволяет выделить наиболее уязвимые зоны, где следует уделять особое внимание обеспечению пожарной безопасности.

#### **4 Разработка мероприятий по снижению рисков при тушении пожаров на производственном объекте**

В последние пять лет на территории ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России» было зафиксировано 7 случаев пожаров и 3 случая чрезвычайных ситуаций, связанных с возгораниями. Вероятность возникновения пожара оценивается на уровне 0,005 случаев в год.

Для обеспечения профессиональной деятельности пожарно-спасательных подразделений внимательное внимание уделяется работе караульной службы. Эта составляющая направлена на организацию действий пожарных-спасателей, готовых в любой момент реагировать на разнообразные чрезвычайные ситуации, будь то природного или техногенного характера.

Основными задачами специального управления ФПС МЧС России являются:

- предотвращение возникновения и распространения пожаров в критически важных объектах, включая энергетические и нефтеперерабатывающие предприятия, склады с химическими веществами и другие значимые учреждения;
- снижение вероятности аварий и несчастных случаев, связанных с пожарами и взрывами, на территории России;
- мониторинг соблюдения стандартов и требований, касающихся пожарной безопасности в ходе строительства, реконструкции и эксплуатации зданий и инфраструктуры;
- внедрение и разработка инновационных средств и методов тушения пожаров и обеспечения защиты от них;
- обучение и подготовка специалистов в области предотвращения пожаров и безопасности, включая проведение тренировок и практических занятий.

Кроме того, специальное управление ответственно координирует

действия пожарных бригад и подразделений МЧС при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций, а также проводит расследование причин и обстоятельств, которые привели к пожарам и связанным с ними инцидентам.

В целом, деятельность специального управления ФПС МЧС России направлена на обеспечение пожарной безопасности на территории страны, защиту населения и сохранение материальных ценностей.

Сотрудники Специального управления Федеральной службы по пожарной безопасности МЧС России проходят длительную и интенсивную программу обучения, которая включает как теоретические, так и практические аспекты. В ходе этой подготовки они осваивают навыки работы в экстремальных условиях и изучают применение специализированного оборудования.

«Сама идея создания механизма, обладающего возможностью самостоятельно предпринимать действия, адекватные складывающимся обстоятельствам, далеко не нова. В практике борьбы с пожарами довольно успешным начинанием в этом направлении можно считать автоматические установки пожаротушения (АУП). Современные АУП выполняют практически весь комплекс необходимых действий до прибытия пожарно-спасательных подразделений – обнаружение горения, оповещение персонала объекта, сообщение в дежурную службу, организацию эвакуации людей и тушение пожара» [12].

Некоторые системы пожарной сигнализации имеются в продаже, они сигнализируют о пожаре с помощью тревожного сигнала [12]. Этот метод не обеспечивает правильной оценки безопасности. Этот тревожный индикатор заменяется автоматическим пожаротушением [13].

«Применение робототехнических средств контроля для управления АУП позволило существенно повысить эффективность действий последних. При помощи лафетного ствола, смонтированного на магистральном трубопроводе и управляемого роботом, возможно подавать огнетушащие вещества (ОТВ) с оптимальным расходом точно в очаг пожара, а не по всей

защищаемой площади и прекратить их подачу сразу после ликвидации горения» [13].

«Поэтому появление мобильного РТС на базе транспортного средства является закономерным явлением эволюционного развития технических средств пожаротушения» [13] (рисунок 1).

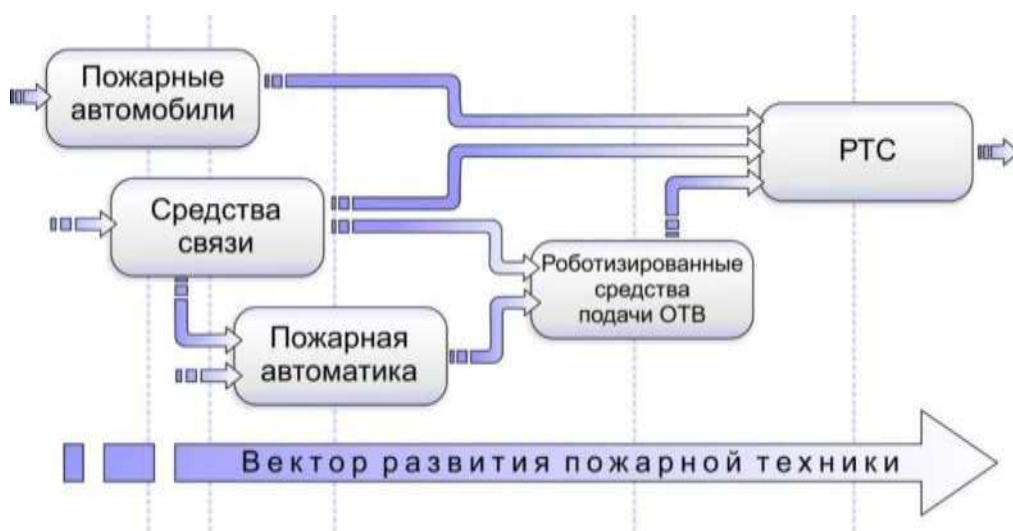


Рисунок 1 – Общая схема процесса развития технических средств пожаротушения

С этой целью была предпринята попытка создать мобильного робота для обнаружения пожаров, которые могли бы возникнуть в закрытой среде – робота, способного двигаться с помощью роторного двигателя, преодолевать барьеры с помощью датчика, находить пламя с помощью датчика пламени.

Робот может двигаться по заданному маршруту, не натываясь на препятствия, и по ходу движения проводит сканирование «горячих» участков помещения. Используя встроенный в него модуль микроконтроллера, он оценивает поступающие данные, при помощи программного обеспечения и выполняет:

- обнаружение препятствий;
- обнаружение пламени;
- приведение в действие систему оповещения;



- информирование об очаге пожара;
- организация процессов тушения [14].

Этот интеллектуальный робот разработан на основе искусственного интеллекта. Он состоит из шести основных блоков. Они обеспечивают улучшенное решение для работы роботизированной системы.

В работе используется микроконтроллер – это блок управления, который, как правило, действует как мозг для этого робота. Мультисенсорный блок и блок обработки сигналов изображения используются для оптимального обнаружения и наведения огнетушащих средств на очаг пожара [15].

Блок обнаружения препятствий также используется с этим роботом для обеспечения задачи обнаружения некоторых объектов, которые могут повлиять на передвижение сервосистемы, и преодоления этого препятствия. Устройство сигнализации приводит в действие информацию о пожаре как для окружающих, так и для находящихся удалённо.

Система rover обеспечивает мобильность системы по той причине, что этот робот движется в сторону пожара. Ниже приведены пояснения к каждому устройству.

Мультисенсорное устройство – это не что иное, как набор датчиков для обнаружения пожара, таких как датчик обнаружения возгорания, датчик обнаружения дыма, датчик температуры. Эти датчики получают входные данные и отправляют их в блок управления [16].

Обработка изображений – данное устройство оснащено камерой с настройкой объектива. Камера напрямую подключается к специальному ноутбуку для обработки изображений. Обработка изображения выполняется с помощью MATLAB. Входной сигнал собирается с захваченного изображения. Искусственный интеллектуальный процесс используется для выполнения сложной операции по обнаружению пожара в видимой среде и определения местоположения поблизости от обнаруженного пожара для тушения.

Система оповещений – эта часть используется для индикации обнаружения пожара на близком и дальнем расстоянии. Система получает сигнал индикации от блока управления, и звуковой сигнал тревоги используется для обозначения наличия пожара. GSM модем используется для информирования о последних событиях в зоне действия аварийной зоны.

Платформа передвижения – это важный узел для перемещения всего комплекса к месту пожара для выполнения задачи тушения. Он полностью контролируется системой управления под наблюдением мультисенсорного блока, блока обработки изображений и блока обнаружения препятствий. Платформа передвижения управляется с помощью H-мостовой микросхемы, для которой выдаются управляющие сигналы [17].

Блок управления – это основная часть всей системы. Этот блок используется для получения входного сигнала от блоков датчиков, обрабатывающих его для получения надлежащего выходного сигнала на соответствующий блок. Здесь используется Arm-cortex3 в качестве блока управления. Эта роботизированная система в основном используется в лабораториях, домах, интеллектуальных зданиях, фабриках, отраслях промышленности и там, где когда-либо требуется автоматическое тушение пожара. Этот робот обнаруживает пожар и тушит его до того, как это вызовет серьезные проблемы и несчастные случаи. Интеллектуальная роботизированная система не работает на основе планировки этажа, звуковой навигации. Он работает с использованием искусственного зрения, то есть человек может идентифицировать пожар с помощью визуализации (глаз), а также ощущений (кожи), роботизированная система также определяет пожар так же, как и предсказание пожара человеком [18].

В качестве входных данных используются как блоки обработки изображений, так и сенсоры. Выходные данные обработки изображений передаются на ноутбук, где выполняется обработка изображений. На основе обработки изображения выходные данные передаются на контроллер. Блок серводвигателя, который подключен к системе пожаротушения резервуара

для воды и мотопомпы, фактически управляется с помощью сигналов ШИМ (широотно-импульсной модуляции). К блоку управления также подключен звуковой сигнал, который издает звуковой сигнал при обнаружении пожара.

Сенсорный блок, который используется для обнаружения пожара в дополнение к обработке изображений, на самом деле состоит из четырех датчиков температуры, которые установлены с четырех сторон робота. Выходной сигнал датчика температуры поступает на вывод АЦП (аналого-цифрового преобразователя). Направление возгорания определяется путем измерения выходного сигнала датчиков. В общем случае, если пожара нет, то все датчики будут иметь практически одинаковое значение. Если пожар присутствует в определенном направлении, то выходная мощность датчика увеличивается. Если выходной сигнал одного из датчиков изменяет выходной сигнал другого с большим запасом, то на контроллер посылаются соответствующие сигналы для перемещения двигателей в этом направлении.

Обработка изображений – ранее было указано пороговое значение для пожара, и в коде было установлено стандартное отклонение. Во время обработки изображения программа сравнивает входное изображение с уже заданными пороговыми значениями для обнаружения пожара. Разрешение изображения составляет  $3840 \times 2160$ . Центр тяжести огня, состоящий из пикселей с координатами «х» и «у». На выходе в блок управления выдается только координата «х». Координата «х» разделяется на несколько единиц по 80 пикселей и на основе значения различные символы отправляются контроллеру, который помогает роботу двигаться в направлении огня.

Максимальный размер фиксированного изображения порогового уровня, после которого робот должен прекратить движение, определяется путем экспериментов с обработкой изображения [19].

Платформа передвижения: сервоблок установлен перед роботом. Когда робот обнаруживает очаг возгорания и останавливается рядом с огнем, серводвигатель начинает вращаться на 180 градусов влево и вправо. Алгоритм развертки вводится в программу. Алгоритм развертки заставляет

серводвигатель вращаться на 180 градусов в одном направлении, а после того, как он достигнет 180 градусов, он снова поворачивается на 180 градусов в противоположном направлении. Система резервуара для воды подключена к серводвигателю. После тушения пожара работа серводвигателя прекращается.

Поскольку водяной насос подключен к сервоприводу, вода непрерывно прокачивается на 180 градусов взад и вперед. Электромагнитный клапан представляет собой клапан с электромагнитным приводом. Управление клапаном осуществляется путем подачи сигнала от микроконтроллера для управления потоком воды. Движущаяся рама управляется четырьмя двигателями постоянного тока. Два двигателя используются с левой стороны, а еще два – с правой. При движении вперед все двигатели вращаются в тактовом направлении. При движении назад все двигатели работают в обратном направлении. Движение левой и правой сторон управляется парами двигателей левой и правой сторон [20].

Этот робот оснащен несколькими системными аппаратными блоками. Некоторые из основных аппаратных блоков приведены ниже:

Датчики;

- веб-камера с ноутбуком;
- движущаяся платформа (4 шаговых двигателя, 12 В);
- насос с блоком PWM (серводвигатель 5 В).

Выходной сигнал датчика температуры имеет аналоговый формат. Движущаяся платформа приводится в движение двигателями постоянного тока. Для привода двигателя используется модуль h-bridge.

Источник питания, необходимый каждому блоку, является общим, поэтому на блок-схеме он не указан.

Камера захватывает изображение из окружающей среды и обрабатывает это изображение на ноутбуке с помощью среды MATLAB, ноутбук (рисунок 2) передает управляющий сигнал на контроллер через последовательный com-порт. PWM генерируется выводом PWM из

комплекта для оценки ARM Cortex 3.

Контроллер получает сигнал от ноутбука, а также от датчиков.



Рисунок 2 – Ноутбук для управления роботом

Если блок датчиков передает сигнал, то блок обработки изображения отключается, то есть находящийся на небольшом расстоянии от цели блок датчиков подает сигнал только контроллеру.

Программная реализация выполнена с использованием Matlab, Keil Uvision4 и т.д. Matlab используется для обработки изображений. Keil Uvision – это компилятор, который использовался для написания встроенного кода для контроллера.

Для обработки изображений используется Matlab. Операция обработки изображений состоит в обнаружении пожара на основе операции установления порога. Во время обработки изображения программа сравнивает входное изображение с уже заданными пороговыми значениями для обнаружения пожара. Разрешение изображения составляет  $3840 \times 2160$ . Центр тяжести пожара, состоящий из координат «x» и «y».

Этот блок обработки изображений действует как искусственный человеческий глаз. Инфракрасной сигнальной камеры более достаточно для оптимального определения места тушения, чем обычной камеры. Алгоритм

разработан для того, чтобы эффективно выполнять эту операцию обнаружения и наведения на цель.

Это обеспечивает роботу МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 большую гибкость при тушении пожара во всем здании. В системе МЧС РФ проводятся учения с роботом МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Учения с роботом МРУП-СП-Г-ТВ-У-40

Такой робот обнаружит принадлежность класса пожара и в соответствии с этим задействует соответствующую систему пожаротушения. Добавление нескольких схем безопасности в этого робота делает его продвинутым роботом для обеспечения безопасности и наблюдения.

Предложенный к применению в ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России» направлено на снижение рисков для пожарных подразделений при тушении пожаров.

Выводы по разделу.

В разделе предложены мероприятия, направленные на снижение рисков при тушении пожаров.

Пожары могут происходить из-за взрывчатых или легковоспламеняющихся материалов. Их можно предотвратить, приняв меры безопасности. Роботы – лучший и эффективный способ принятия этих мер безопасности.

Основной мотивацией нашего проекта является замена системы пожаротушения, управляемой человеком, автономной системой пожаротушения. Мы хотим создать роботизированную систему для тушения пожара с более совершенными, чем уже существующие системы, такими как пожарные машины с ручным управлением, стационарные огнетушители на стене или потолке.

В таких местах необходима эффективная система пожаротушения с минимальными затратами. Наша интеллектуальная роботизированная система может предложить наилучшее решение этой проблемы. Этот робот использует комбинацию двух методов для тушения пожара. Это обработка изображений и электронные датчики температуры. Он может самостоятельно принимать меры безопасности и подавать сигналы тревоги, что обеспечивает оптимальную производительность.

Предложенный в работе комплекс мероприятий, направленных на совершенствование государственного регулирования основ обеспечения пожарной безопасности субъекта Российской Федерации способен повысить ее эффективность.

## 5 Охрана труда

Каждый из видов предпринимательской деятельности порождает множество опасностей. Каждая опасность или набор опасностей уникальны для каждого объекта или отрасли.

В соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [9] произведём оценку профессиональных рисков.

Риск может быть проанализирован различными способами; обычно эти методы включают качественный, полуколичественный или количественный анализ. «Источники информации об опасностях на рабочих местах:

- данные плановых инспекций, специальной оценки условий труда, производственного контроля;
- обзор происшествий, травм, отчетов по оказанию первой помощи;
- опрос сотрудников;
- статистические данные по травмам, обращениям за медицинской помощью, использование аптечек первой помощи;
- оценка рисков, проведенная другими предприятиями отрасли» [6].

Реестр рисков на рабочих местах машиниста установок, оператора установок и газоспасателя АСФ представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Реестр рисков

№	Опасность	ID	Опасное событие
2	Неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов	2.1	Травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов, от которых защищают СИЗ
3	Скользкие, обледенелые, зажиренные, мокрые опорные поверхности	3.1	Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам



Продолжение таблицы 12

№	Опасность	ID	Опасное событие
3	Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.2	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности
		3.3	Падение из-за отсутствия ограждения, из-за обрыва троса, в котлован, в шахту при подъеме или спуске при нештатной ситуации
		3.4	Падение из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот
		3.5	Падение с транспортного средства
6	Обрушение наземных конструкций	6.1	Травма в результате заваливания или раздавливания
7	Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.1	Наезд транспорта на человека
		7.2	Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия
		7.3	Раздавливание человека, находящегося между двумя сближающимися транспортными средствами
		7.4	Опрокидывание транспортного средства при нарушении способов установки и строповки грузов
		7.5	Опрокидывание транспортного средства при проведении работ
8	Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
13	Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
		13.2	Ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
		13.3	Тепловой удар при длительном нахождении в помещении с высокой температурой воздуха
	Поверхности, имеющие высокую температуру (воздействие конвективной теплоты)	13.8	Тепловой удар от воздействия окружающих поверхностей оборудования, имеющих высокую температуру
		13.9	Ожог кожных покровов работника вследствие контакта с поверхностью имеющую высокую температуру

Продолжение таблицы 12

№	Опасность	ID	Опасное событие
14	Охлажденная поверхность, охлажденная жидкость или газ	14.1	Заболевания вследствие переохлаждения организма, обморожение мягких тканей из-за контакта с поверхностью, имеющую низкую температуру, с охлажденной жидкостью или газом
22	Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	22.1.	Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме
27	Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением
		27.2	Отсутствие заземления или неисправность электрооборудования
		27.3	Нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение СИЗ
		27.4	Воздействие электрической дуги
	Шаговое напряжение	27.5	Поражение электрическим током
	Искры, возникающие вследствие накопления статического электричества, в том числе при работе во взрывопожароопасной среде	27.6	Ожог, пожар или взрыв при искровом зажигании взрывопожароопасной среды
	Наведенное напряжение в отключенной электрической цепи (электромагнитное воздействие параллельной воздушной электрической линии или электричества, циркулирующего в контактной сети)	27.7	Поражение электрическим током

В обязательном порядке проводится идентификация опасностей и оценка профессиональных рисков для тех работников, которые имеют непостоянные рабочие места, а также нарушителей трудовой дисциплины.

Количественная оценка риска рассчитывается по формуле 4:

$$R=A \cdot U, \quad (4)$$

где А – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

Оценка вероятности представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	Практически исключено. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	1
2	Маловероятно	Сложно представить, однако может произойти. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	2
3	Возможно	Иногда может произойти. Зависит от обучения (квалификации). Одна ошибка может стать причиной аварии/инцидента/несчастного случая.	3
4	Вероятно	Зависит от случая, высокая степень возможности реализации. Часто слышим о подобных фактах. Периодически наблюдаемое событие.	4
5	Весьма вероятно	Обязательно произойдет. Практически несомненно. Регулярно наблюдаемое событие.	5

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	Катастрофическая	Групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек). Несчастный случай на производстве со смертельным исходом. Авария. Пожар.	5
4	Крупная	Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней). Профессиональное заболевание. Инцидент.	4

Продолжение таблицы 14

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
3	Значительная	Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней. Инцидент.	3
2	Незначительная	Незначительная травма – микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь. Инцидент. Быстро потушенное загорание.	2
1	Приемлемая	Без травмы или заболевания. Незначительный, быстроустраняемый ущерб.	1

В соответствии Приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 по результатам проведенной идентификации на каждом рабочем месте заполняется анкета (таблица 15).

Таблица 15 – Анкета

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

Оценка риска, R:

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

«Информирование работников о профессиональных рисках, а также о фактических и возможных последствиях их для здоровья и безопасности выполняемой ими работы осуществляется:

- при обучении работников по охране труда различных уровней путем рассмотрения соответствующих карт идентификации опасностей;
- при проведении всех видов инструктажей по охране труда;
- при информировании о произошедших несчастных случаях» [6].

Меры управления рисками представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Меры управления рисками

Должность/ профессия	Идентификация опасности	Принимаемые меры	Необходимые дополнительные меры по воздействию на риск
Газоспасатель АСФ	Ожог, пожар или взрыв при искровом зажигании взрывопожароопасной среды	Контроль взрывопожароопа сной среды при помощи стационарных газоанализаторов	Использование персональных газоанализаторов. Продувка взрывопожароопасной среды азотом

Вывод по разделу.

В разделе составлен реестр рисков. Высокий риск присутствует на рабочем месте газоспасателя АСФ, для снижения уровня риска разработаны мероприятия по контролю взрывопожароопасной среды на рабочих местах.

## 6 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Оценка антропогенной нагрузки космодрома «Восточный» на окружающую среду представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Антропогенная нагрузка колледжа на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух (выбросы, перечислить виды выбросов)	Воздействие на водные объекты (сбросы, перечислить виды сбросов)	Отходы (перечислить виды отходов)
Космодром «Восточный»	Котельная	Газообразные	Сточные воды	ТКО
Количество в год		0,03 т	–	171,002 т

Сведения о применяемых на объекте технологиях и соответствие наилучшей доступной технологии представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Сведения о применяемых на объекте технологиях [8]

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Котельная	Обращение с отходами I и II классов опасности	Нет

Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень загрязняющих веществ

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

Отчёт по производственному экологическому контролю на предприятии представлен в таблицах 20-21.

Таблица 20 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

№ п/п	Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
	номер	наименование	номер	наименование							
1	1	Космодром «Восточный»	1	Котельная	Азота диоксид	0,02	0,01	–	25.02.2023	–	–
					Азот (II) оксид	0,02	0,01	–	25.02.2023	–	–
					Углерод оксид	0,02	0,01	–	25.02.2023	–	–
Итого						0,06	0,03	–	–	–	–

Таблица 21 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные [7]	4 71 101 01 52 1	1	0	0	0,002	0	0	0,002
2	Мусор и смет производственных помещений малоопасный	73321001724	4	0	0	60,000	0	60,000	0
3	Смет с территории предприятия	7 33 390 01 71 4	4	0	0	40,000	0	40,000	0



Продолжение таблицы 21

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Отходы бумаги и картона	4 05 122 02 60 5	5	0	0	0,100	0	0,100	0
№ строки	Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн								
	Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения			
	11	12	13	14	15	16			
1	0,002	–	0,002	–	–	–			
2	60,000	–	60,000	–	–	–			
3	40,000	–	40,000	–	–	–			
4	0,100	–	0,100	–	–	–			

Продолжение таблицы 21

№ стр ок и	Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн					Наличие отходов на конец года, тонн	
	Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	Хранение	Накопление
	17	18	19	20	21	22	23
1	0,002	0	0,002	0	0	0	0
2	60,000	0	60,000	0	0	0	0
3	40,000	0	40,000	0	0	0	0
4	0,100	0	0,100	0	0	0	0

Вывод по разделу.

В разделе определена антропогенная нагрузка организации на окружающую среду.

Основными опасными компонентами, выбрасываемыми в атмосферу трубами котельных являются окись углерода, окись азота, некоторые углеводороды, токсичные соединения свинца и канцерогенные вещества, водяные пары, аэрозоли. Тепло и пыль.

В котельных существует дымовая труба, которая разбавляет вредные вещества до предельно-допустимой концентрации и производит их выброс выше кровли здания. При преобладающем в этом районе северо-западных ветров, вредные вещества уносились в промышленную зону.

Для улавливания тепла, влаги и неприятных запахов в местах их образования, вентиляционных зонтах установлены фильтры.

Перечисленные мероприятия обеспечивают уровень загрязнения на рабочих местах и в жилой застройке в пределах допустимого.

## 7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В работе предложены мероприятия, направленные на снижение рисков при тушении пожаров.

Пожары могут происходить из-за взрывчатых или легковоспламеняющихся материалов. Их можно предотвратить, приняв меры безопасности. Роботы – лучший и эффективный способ принятия этих мер безопасности. Предложенный в работе комплекс мероприятий, направленных на совершенствование государственного регулирования основ обеспечения пожарной безопасности субъекта Российской Федерации способен повысить ее эффективность.

План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлен в таблице 22.

Таблица 22 – План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Мероприятия	Срок исполнения
Закупка робота МРУП-СП-Г-ТВ-У-40	2024 год
Разработка методических рекомендаций по применению робота МРУП-СП-Г-ТВ-У-40	2024 год
Проведение занятий с личным составом подразделений пожарной охраны правилам работы с роботом МРУП-СП-Г-ТВ-У-40	2024 год

Произведём расчёт ожидаемых потерь объекта от пожаров по ГОСТ 12.1.004-91:

- 1 вариант – если пожарные подразделения ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России» все силы направят на спасение людей, так как это будет решающим направлением то время локализации пожара вырастет;
- 2 вариант – если пожарные подразделения ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России» все силы направят на спасение

людей, но при этом один оператор будет управлять роботом МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 по тушению пожара.

Данные для расчёта ожидаемых потерь от пожара представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Единицы измерения	Условные обозначения	1 вариант	2 вариант
«Время локализации пожара» [9]	мин	$t$	40	10
«Удельная стоимость материальных ценностей» [9]	руб.·м <sup>-2</sup>	$C_{уд}^{м.ц}$	80000	80000
«Удельная стоимость ремонтных работ» [9]	руб.·м <sup>-2</sup>	$C_{уд}^р$	20000	20000
«Удельные издержки при восстановительных работах» [9]	руб.·м <sup>-2</sup>	$I_{уд}$	20000	20000
«Удельные единовременные вложения в здание (сооружение)» [9]	руб.·м <sup>-2</sup>	$K_{уд}^з$	20000	20000
«Удельные единовременные вложения в оборудование» [9]	руб.·м <sup>-2</sup>	$K_{уд}^о$	60000	60000
«Прибыль объекта» [9]	руб.·дни <sup>-1</sup>	$П_{пр}$	2000000	
«Продолжительность простоя объекта» [9]	дни	$T_{пр}$	360	10
«Линейная скорость распространения по поверхности материала пожарной нагрузки» [9]	м·с <sup>-1</sup>	$I$	1	
«Вероятность возникновения пожара» [9]	год <sup>-1</sup>	$Q_{п}$	$9 \times 10^{-5}$	

Рассчитаем площадь пожара по формуле 5.

$$F_{п} = \pi (It)^2, \quad (5)$$

где  $I$  – «линейная скорость распространения по поверхности материала пожарной нагрузки, м·с<sup>-1</sup>;

$t$  – время локализации пожара, с» [12].

$$F'_{n-1} = 3,14 \cdot (1 \cdot 40)^2 = 5024 \text{ м}^2,$$

$$F'_{n-2} = 3,14 \cdot (1 \cdot 10)^2 = 314 \text{ м}^2,$$

Математическое ожидание экономических потерь от пожара ( $M(P)$ ) вычисляют по формуле 6.

$$M(P) = M(P_{н.б}) + M(P_{о.р}) + M(P_{п.о}), \quad (6)$$

где  $M(P_{н.б})$  – «математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства, руб.·год<sup>-1</sup>;

$M(P_{о.р})$  – математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий пожара, руб.·год<sup>-1</sup>;

$M(P_{п.о})$  – математическое ожидание потерь от простоя объекта, обусловленного пожаром, руб.·год<sup>-1</sup>» [9].

Математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства ( $M(P_{н.б})$ ) вычисляют по формуле 7.

$$M(P_{н.б}) = F_{п} (C_{уд}^{м.ц} \cdot R_{у} + C_{уд}^{р} \cdot R_{п}) \cdot Q_{п}, \quad (7)$$

где  $F_{п}$  – «площадь возможного пожара на объекте, м<sup>2</sup>;

$C_{уд}^{м.ц}$  – удельная стоимость материальных ценностей, руб.·м<sup>-2</sup>;

$R_{у}$  – доля уничтоженных материальных ценностей на площади пожара на объекте;

$C_{уд}^{р}$  – удельная стоимость ремонтных работ, руб.·м<sup>-2</sup>;

$R_{п}$  – доля поврежденных материальных ценностей на площади пожара на объекте;

$Q_{п}$  – вероятность возникновения пожара в объекте, год<sup>-1</sup>» [9].

$$M(P_{н.б})_1 = 5024 \cdot (80000 \cdot 1 + 20000 \cdot 1) \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 452160 \text{ руб.}$$

$$M(P_{н.б})_2 = 314 \cdot (80000 \cdot 1 + 20000 \cdot 1) \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 28260 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на

компенсацию последствий пожара ( $M(\Pi_{o,p})$ ) вычисляют по формуле 8.

$$M(\Pi_{o,p}) = F_{\Pi} [I_{уд} + E_{\Pi} (K_{уд}^3 + K_{уд}^o)] \cdot Q_{\Pi}, \quad (8)$$

где  $I_{уд}$  – «удельные издержки при восстановительных работах, руб.·м<sup>-2</sup>;

$E_{\Pi}$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$K_{уд}^3$  – удельные единовременные вложения в здание (сооружение), руб.·м<sup>-2</sup>,

$K_{уд}^o$  – удельные единовременные вложения в оборудование, руб.·м<sup>-2</sup>»

[9].

$$M(\Pi_{o,p})_1 = 5024 \cdot [20000 + 0,22 \cdot (20000 + 60000)] \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 170012,16 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi_{o,p})_2 = 314 \cdot [20000 + 0,22 \cdot (20000 + 60000)] \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 10625,76 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь от обусловленного пожаром простоя объекта (недополученная прибыль) ( $M(\Pi_{п.о})$ ) вычисляют по формуле 9.

$$M(\Pi_{п.о}) = \Pi_{\Pi P} \cdot T_{\Pi P} \cdot Q_{\Pi}, \quad (9)$$

где  $\Pi_{\Pi P}$  – «прибыль объекта, руб.·дни<sup>-1</sup>;

$T_{\Pi P}$  – продолжительность простоя объекта, дни» [9].

$$M(\Pi_{п.о})_1 = 2000000 \cdot 360 \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 648000 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi_{п.о})_2 = 2000000 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 18000 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi)_1 = 452160 + 170012,16 + 648000 = 1270172,16 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi)_2 = 28260 + 10625,76 + 18000 = 56885,76 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от предложенных мероприятий по предотвращению потерь от пожаров рассчитывается по формуле 10.

$$P_{прТ} = M(П)_1 - M(П)_2, \text{ руб.} \quad (10)$$

$$P_{прТ} = 1270172,16 - 56885,76 = 1213286,4 \text{ руб.}$$

Стоимость реализация мероприятий представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Стоимость реализации мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Закупка робота МРУП-СП-Г-ТВ-У-40	5000000
Разработка методических рекомендаций по применению робота МРУП-СП-Г-ТВ-У-40	–
Проведение занятий с личным составом подразделений пожарной охраны правилам работы с роботом МРУП-СП-Г-ТВ-У-40	–
Итого:	5000000

Экономический эффект затрат на обеспечение пожарной безопасности в первый год рассчитывают по формуле 11.

$$\mathcal{E}_T = P_{прТ} - Z_T \quad (11)$$

где  $\mathcal{E}_T$  – экономический эффект реализации мероприятия;

$Z_T$  – стоимостная оценка затрат на реализацию мероприятия» [9].

$$\mathcal{E}_T = 1213286,4 - 5000000 = -3786713,6 \text{ руб.}$$

Произведём расчёт окупаемости предложенных мероприятий по формуле 12:

$$T_{ед} = \frac{Z_T}{P_{прТ}}, \text{ лет} \quad (12)$$



$$T_{ед} = \frac{5000000}{1213286,4} = 4,12 \text{ года}$$

Вывод по разделу 6.

В разделе разработан план по обеспечению роботом МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 для тушения наиболее сложных и опасных пожаров силами пожарных подразделений ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России» и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Предотвращение экономических потерь от пожаров на объектах космодрома «Восточный» составит 1213286,4 руб. В первый год экономический эффект от ввода в эксплуатацию робота МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 в пожарных подразделениях ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России» будет отрицательным, окупаемость единовременных затрат на предлагаемые мероприятия составит 4,12 года.

## Заключение

В первом разделе установлено, что, несмотря на высокий уровень теоретической разработанности проблематики государственным регулированием основ обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, исследования ее реализации нельзя признать достаточным в современных условиях. Нормативной основой исследования явились Конституция Российской Федерации, федеральные законы, указы Президента Российской Федерации, постановления и распоряжения Правительства Российской Федерации, нормативно-правовые акты, регулирующие вопросы реализации государственного регулирования основ обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации.

Во втором разделе установлено, что присвоенный уровень пожарной опасности в соответствии с его функциональной значимостью позволило выделить объекты, которые могут быть более подвержены риску в случае пожара, например – котельный блок «Космодром восточный».

Для выполнения задач по предназначению ФКУ «Специальное управление ФПС № 60 МЧС России» оснащен автомобильной техникой, плавсредствами, техникой повышенной проходимости, альпинистским снаряжением, специальным спасательным оборудованием и имуществом.

Специальное управление ФПС МЧС России осуществляет широкий спектр задач в области обеспечения пожарной безопасности и контроля за надежностью зданий и сооружений.

В третьем разделе на основе проведенного анализа были выявлены факторы пожарной опасности на объекте ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России». Эти результаты послужили основой для разработки мероприятий по улучшению пожарной безопасности и уменьшению рисков возникновения пожаров и взрывов.

Вероятность возникновения пожаров на объекте низка, исходя из прошлых инцидентов и статистических данных. Однако, несмотря на низкий

уровень пожарной активности, необходимо сохранять высокий уровень бдительности и готовности к действиям в случае пожара. Учебные аудитории, места хранения специализированного оборудования и инфраструктура оперативной реакции на чрезвычайные ситуации являются наиболее функционально значимыми объектами. Оценка уровня пожарной опасности позволяет выделить наиболее уязвимые зоны, где следует уделять особое внимание обеспечению пожарной безопасности.

В четвертом разделе предложены мероприятия, направленные на снижение рисков при тушении пожаров.

Пожары могут происходить из-за взрывчатых или легковоспламеняющихся материалов. Их можно предотвратить, приняв меры безопасности. Роботы – лучший и эффективный способ принятия этих мер безопасности.

Основной мотивацией нашего проекта является замена системы пожаротушения, управляемой человеком, автономной системой пожаротушения. Мы хотим создать роботизированную систему для тушения пожара с более совершенными, чем уже существующие системы, такими как пожарные машины с ручным управлением, стационарные огнетушители на стене или потолке.

В таких местах необходима эффективная система пожаротушения с минимальными затратами. Наша интеллектуальная роботизированная система может предложить наилучшее решение этой проблемы. Этот робот использует комбинацию двух методов для тушения пожара. Это обработка изображений и электронные датчики температуры. Он может самостоятельно принимать меры безопасности и подавать сигналы тревоги, что обеспечивает оптимальную производительность.

Предложенный в работе комплекс мероприятий, направленных на совершенствование государственного регулирования основ обеспечения пожарной безопасности субъекта Российской Федерации способен повысить ее эффективность.

В пятом разделе составлен реестр рисков. Высокий риск присутствует на рабочем месте газоспасателя АСФ, для снижения уровня риска разработаны мероприятия по контролю взрывопожароопасной среды на рабочих местах.

В шестом разделе определена антропогенная нагрузка организации на окружающую среду.

Основными опасными компонентами, выбрасываемыми в атмосферу трубами котельных являются окись углерода, окись азота, некоторые углеводороды, токсичные соединения свинца и канцерогенные вещества, водяные пары, аэрозоли. Тепло и пыль.

В котельных существует дымовая труба, которая разбавляет вредные вещества до предельно-допустимой концентрации и производит их выброс выше кровли здания. При преобладающем в этом районе северо-западных ветров, вредные вещества уносились в промышленную зону.

Для улавливания тепла, влаги и неприятных запахов в местах их образования, вентиляционных зонтах установлены фильтры.

Перечисленные мероприятия обеспечивают уровень загрязнения на рабочих местах и в жилой застройке в пределах допустимого.

В седьмом разделе разработан план по обеспечению роботом МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 для тушения наиболее сложных и опасных пожаров силами пожарных подразделений ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России» и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Предотвращение экономических потерь от пожаров на объектах космодрома «Восточный» составит 1213286,4 руб. В первый год экономический эффект от ввода в эксплуатацию робота МРУП-СП-Г-ТВ-У-40 в пожарных подразделениях ФКУ «Специальное управление ФПС №60 МЧС России» будет отрицательным, окупаемость единовременных затрат на предлагаемые мероприятия составит 4,12 года.

## Список используемых источников

1. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс] : СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 04.09.2023).

2. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 10.09.2023).

3. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mchs-rossii-ot-16102017-n-444/?ysclid=lmur7fi7sx572125350> (дата обращения: 22.08.2023).

4. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [Электронный ресурс] : Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=141404&ysclid=1ewcrd7gqf130327182> (дата обращения: 22.08.2023).

5. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409457&ysclid=1d8jr94kat939272210> (дата обращения: 10.09.2023).

6. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1d8jqdwcm8100411018> (дата обращения: 10.09.2023).

7. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по надзору в

сфере природопользования от 22 мая 2017 г. № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 10.09.2023).

8. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 14.06.2018 № 261 (ред. от 23.06.2020). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=377676&ysclid=1dsbgkxui183890770> (дата обращения: 10.09.2023).

9. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/?ysclid=lga9r9fn5z366382597> (дата обращения: 10.09.2023).

10. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 19.09.2023).

11. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 21.09.2023).

12. Chee Fai Tan, S.M. Liew, M.R. Alkahari, S.S.S. Ranjit, M.R. Said, W. Chen, G.W.M. Rauterberg, D. Sivakumar and Sivarao "Fire Fighting Mobile Robot: State of the Art and Recent Development" in Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(10): 220-230, 2020 ISSN 1991-8178

13. Guo TN, Fu ZM, "The fire situation and progress in fire safety science and technology in China," Fire Safety Journal, 2021, 42(3):171-182.

14. Han Zhang, Xuhai Pan, Min Hua, YiMingJiang ,XinxinGuo, Hangchen Li. "Experimental study on release characteristics of the gas-liquid extinguishing agent in a confined space" , Authorized licensed use limited to: Cornell University Library, 2020,pp-1-5.

15. Rawshan Habib, Naureen Khan, Koushik Ahmed, Mahbubur Rahman Kiran, A.K.M. Asif, Mohaiminul Islam Bhuiyan, and Omar Farrok . "Quick Fire

Sensing Model and Extinguishing by Using an Arduino Based Fire Protection Device” , 5th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE), 2019,pp-1-5.

16. Sahil S.Shah, Vaibhav K.Shah, Prithvish Mamtora and Mohit Hapani "FIRE FIGHTING ROBOT" in International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS) Volume 2, Issue 4, July - August 2021

17. Shaik Salauddin, Paparao Nalajala, Bhavana Godavari, "Sound fire extinguishers in space stations", International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, Vol.5, No.1, 2020

18. Vimala Bharathil, M. V. D. Prasad "GSM based Fire Sensing and Extinguishing Robot" in International Journal of Science and Research (IJSR), India Online ISSN: 2319-7064.

19. Yu CY, Fang J,Wang JJ,Zhang YM, “Video fire smoke detection using motion and color features,” Fire Technology, 2020, 46:651663.

20. Zhong MH, Fan WC, Liu TM, Zhang PH, Wei X, Liao GX, “China: some key technologies and the future developments of fire safety science,” Safety Science, 2021, 42(7):627-637.