

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Повышение эффективности системы пожарной безопасности при
производстве изопрена

Обучающийся

А.Д. Болтунова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., И.И. Ращоян

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

Консультант

к.э.н., доцент Фрезе Т.Ю.

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

Тольятти 2024

Содержание

Введение	3
Термины и определения	7
Перечень сокращений и обозначений	8
1 Теоретические основы обеспечения пожарной безопасности на химически опасных производственных объектах	10
1.1 Общие требования к обеспечению пожарной безопасности на химически опасных производственных объектах	10
1.2 Анализ пожарной опасности процесса производства изопрена и существующие меры пожаровзрывозащиты технологического оборудования	23
2 Анализ и повышение эффективности системы пожарной безопасности при производстве изопрена	43
2.1 Исследование современных методов и способов повышения эффективности пожарной безопасности процесса производства изопрена	43
2.2 Разработка мероприятий по повышению эффективности системы пожарной безопасности при производстве изопрена	48
3 Апробация и внедрение системы обеспечения пожарной безопасности при производстве изопрена	64
3.1 Разработка программы внедрения мероприятий по повышению эффективности пожарной безопасности при производстве изопрена	64
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности при производстве изопрена	73
Заключение	83
Список используемых источников	88

Введение

Так как согласно статьи 3 Федерального закона 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 19.10.2023) «О пожарной безопасности» система обеспечения пожарной безопасности определен как совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ, актуальность темы исследования обусловлена тем, что в большинстве случаев при возникновении пожара пожарный подвергает себя опасности ради защиты технологического оборудования опасных производственных объектов. Также во всех случаях они не смогут добраться непосредственно до места возникновения пожара. Непосредственное присутствие пожарных в большинстве случаев подвергает их жизнь риску.

С внедрением в систему пожаротушения машины с автоматическим управлением мы могли бы легко свести к минимуму риски, с которыми сталкивается пожарный.

Роботизированные системы внедряются во все большее число областей повседневной жизни. Они предлагают множество преимуществ и новых возможностей. Большинство систем в настоящее время используются на открытом воздухе и в основном управляются вручную при сохранении прямой видимости. Таким образом, меньшему количеству пожарных приходится рисковать своей жизнью при выполнении опасных операций, в то время как они все еще могут эффективно тушить пожары. Пожары, особенно в промышленных условиях, часто наносят серьезный ущерб и могут быть более опасными из-за химических веществ.

Объект исследования: процесс производства изопрена.

Предмет исследования: эффективность системы пожарной безопасности при использовании ЛВЖ в процессе производства изопрена на территории ООО «Тольяттикаучук».

Цель исследования: повышение эффективности системы пожарной безопасности при использовании ЛВЖ в процессе производства изопрена за счёт разработанных автоматизированных средств пожарообнаружения и пожаротушения.

Гипотеза исследования состоит в том, что эффективность системы пожарной безопасности при использовании ЛВЖ в процессе производства изопрена на территории ООО «Тольяттикаучук» может быть повышена, если:

- провести анализ эффективности системы пожарной безопасности на действующем производстве ООО «Тольяттикаучук»;
- разработать программу внедрения мероприятий автоматизированных средств пожарообнаружения и пожаротушения при использовании ЛВЖ в процессе производства изопрена.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- анализ пожарной опасности процесса производства изопрена и существующие меры пожаровзрывозащиты технологического оборудования;
- анализ эффективности системы пожарной безопасности при использовании ЛВЖ в процессе производства изопрена;
- анализ современных методов и способов повышения эффективности пожарной безопасности технологических процессов с применением ЛВЖ;
- апробация и внедрение системы обеспечения пожарной безопасности процесса производстве изопрена;
- оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности процесса производства изопрена.

Для решения поставленных задач используется комплексный метод исследования, включающий анализ теоретических и практических данных в области обеспечения пожарной безопасности процесса производства изопрена.

Теоретико-методологическую основу исследования составили труды

ученых, научные статьи по анализу существующих современных методов и способов повышения эффективности пожарной безопасности технологических процессов с применением ЛВЖ.

Базовыми для настоящего исследования явились также статистические данные по существующим современным методам и способам обеспечения пожарной безопасности технологических процессов с применением ЛВЖ.

Методы исследования: анализ статистических данных, системный анализ, методы оценки последствий возможных пожарных рисков, обработки экспериментальных данных.

Опытно-экспериментальная база исследования: действующее производство на территории ООО «Тольяттикаучук».

Научная новизна данной работы: предложен инновационный роботехнический комплекс пожаробнаружения и пожаротушения.

Теоретическую значимость будут иметь следующие результаты диссертационной работы: современный метод пожаробнаружения и тушения пожаров.

Практическая значимость заключается в применении методов и способов повышения эффективности пожарной безопасности технологических процессов с применением ЛВЖ.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечивались:

- корректным применением методов исследований;
- результатами проведённой оценки эффективности предлагаемых мер по повышению эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности процесса производства изопрена.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в анализе эффективности системы пожарной безопасности при использовании ЛВЖ в процессе производства изопрена в организации и выявлении слабых мест в действующей системы пожарной безопасности с целью её дальнейшего совершенствования.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Результаты отражены в статье Болтунова А.Д. И Исследование современных методов и способов обеспечения пожарной безопасности // Студенческий: электрон. научн. журн. 2024. № 10(264). URL: <https://sibac.info/journal/student/264/321791> (дата обращения: 11.05.2024)..

На защиту выносятся:

- результаты анализа пожарной опасности процесса производства изопрена;
- результаты анализа эффективности системы пожарной безопасности при использовании ЛВЖ в процессе производства изопрена;
- результаты анализа современных методов и способов повышения эффективности пожарной безопасности применения ЛВЖ;
- результаты апробации системы обеспечения пожарной безопасности процесса производства изопрена;
- результаты оценки эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Структура магистерской диссертации работа обусловлена целью и задачами исследования, состоит из трёх разделов и содержит 7 таблиц, список используемых источников (35 источников). Основной текст работы изложен на 92 страницах.

Термины и определения

В настоящей работе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Меры пожарной безопасности – действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности [9].

Правила пожарной безопасности – вид нормативного документа по пожарной безопасности, регламентирующего для группы однородных объектов защиты или видов деятельности требования пожарной безопасности, которые устанавливают правила (положения, описывающие действия, предназначенные для выполнения) поведения людей, порядок организации производства, выполнения работ (услуг) и содержания помещений, зданий (сооружений) и территории, обеспечивающие безопасность людей, предупреждение и тушение пожара [9].

Противопожарный режим – комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации объекта (изделия), направленных на обеспечение его пожарной безопасности [9].

Система обеспечения пожарной безопасности – совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами [23].

Спасание людей при пожаре – действия по эвакуации людей, которые не могут самостоятельно покинуть зону, где имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара [7].

Эвакуация людей при пожаре – вынужденный процесс движения людей из зоны, где имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара [7].

Перечень сокращений и обозначений

В настоящем отчете применяются следующие сокращения:

АБК – административно-бытовой корпус.

АСР – аварийно-спасательные работы.

АУПГ – автоматическая установка пожаротушения газом.

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения.

ВПП – высококипящие побочные продукты.

ГГ – горючий газ.

ДМД – диметилдиоксан.

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика.

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость.

МТБЭ – метил-трет-бутиловый эфир.

ПБ – пожарная безопасность.

ПДК – предельно-допустимая концентрация.

ПСФ – пожарно-спасательное формирование.

ПЧ – пожарная часть.

СОПБ – система обеспечения пожарной безопасности.

СУГ – сжиженный углеводородный газ.

ФХ – факельное хозяйство

ХЗК – химически загрязнённая канализация.

ЦПД – циклопентадиен.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

CAN – протокол последовательного доступа по проводным сетям.

FHSS – разделение полосы частот 2,402-2,480 ГГц на 79 каналов.

GPIO – интерфейс ввода/вывода общего назначения.

HSV – тон, насыщенность и яркость.

PCA – узел предотвращения столкновений.

PIR – электронный датчик, который измеряет инфракрасный свет, излучаемый объектами, находящимися в его поле зрения.

PWM – процесс управления мощностью методом пульсирующего включения и выключения потребителя энергии.

RGB – аддитивная цветовая модель.

RIV (Rapid Intervention Vehicle) – транспортное средство быстрого реагирования.

ROS – метаоперационная система с открытым исходным кодом, разработанная для робота.

SDM – разреженно-плотное отображение.

SLAM – узел создания двумерной карты окружающей среды и локализации мобильной платформы на этой карте.

TRV (Targeted Response Vehicle) – средство целенаправленного реагирования.

1 Теоретические основы обеспечения пожарной безопасности на химически опасных производственных объектах

1.1 Общие требования к обеспечению пожарной безопасности на химически опасных производственных объектах

Элементами системы обеспечения пожарной безопасности (СОПБ) являются органы государственной власти, органы местного самоуправления, организации и иные юридические лица независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, граждане, принимающие участие в обеспечении пожарной безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Достижению пожарной безопасности способствуют:

- нормативное правовое регулирование и осуществление государственных мер в области пожарной безопасности;
- создание пожарной охраны и организация её деятельности;
- разработка и осуществление мер пожарной безопасности;
- реализация прав, обязанностей и ответственности в области пожарной безопасности;
- производство пожарно-технической продукции;
- выполнение работ и услуг в области пожарной безопасности;
- проведение противопожарной пропаганды и обучение населения мерам пожарной безопасности;
- информационное обеспечение в области пожарной безопасности;
- учёт пожаров и их последствий;
- осуществление пожарного надзора и других контрольных функций по обеспечению пожарной безопасности;
- тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ (АСР);
- установление особого противопожарного режима;

- научно-техническое обеспечение пожарной безопасности;
- лицензирование деятельности в области пожарной безопасности и подтверждение соответствия продукции и услуг в области пожарной безопасности.

Законодательной базой и нормативно-правовыми актами, регламентирующими пожарную безопасность, являются:

- Федеральный закон № 390-ФЗ от 28.12.2010 г. «О безопасности» [4];
- Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 (ред. от 21.05.2021) «О противопожарном режиме» (вместе с «Правилами противопожарного режима в Российской Федерации») [9];
- Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [23];
- СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [21];
- СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [18];
- СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара» [17];
- СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования» [19].

Федеральный закон «О пожарной безопасности» № 69-ФЗ [7] определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, регулирует в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм, а также между должностными лицами, гражданами России [4].

Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 г. № 794 «О единой

государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» определяет порядок организации и функционирования единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС [6].

Единая система объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций для защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

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

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

Пассивная защита считается «основой» пожарной безопасности.

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

Управление пожарной безопасностью обеспечивает связь между активными и пассивными мерами пожарной безопасности.

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

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

Для определения категории пожарного риска необходимо учитывать степень тяжести возможных негативных последствий пожара с учетом индекса индивидуализации подконтрольного лица.

Он рассчитан на основе данных, отражающих индивидуальные характеристики объекта, влияющие на его состояние пожарной безопасности. Сведения о добросовестности характеризуют вероятность нарушения требований противопожарной защиты на объекте защиты. Дополнительно планируется учитывать внедрение на объекте защиты независимой оценки пожарного риска, а также возможность доступа к информационным ресурсам подконтрольного лица.

Собственники объектов смогут самостоятельно оценивать правомерность отнесения эксплуатируемых зданий и сооружений к определенной категории риска [8], в том числе с помощью разработанного онлайн-калькулятора для оценки правомерности их отнесения к соответствующей категории риска. Этот тип модели управления пожарным риском позволяет индивидуально определять время проведения контрольных мероприятий, что позволит снизить необоснованную административную нагрузку в отношении добросовестных собственников объектов.

Новое постановление правительства Российской Федерации № 1662 определяет критерии и порядок отнесения объектов к определенной категории риска.

Документ создан с учетом концепции риск-ориентированного подхода в Федеральном законе «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» [5].

В новой модели отнесения объектов защиты к категориям риска учитывается изменение концепции риск-ориентированного подхода и отличие в том, что категории присваиваются группам объектов по отдельности или группе объектов.

Руководство МЧС России определили шесть категорий пожарного риска: чрезвычайно высокого уровня (высокого), значительного, среднего и

низкого. При этом в новой системе категории риска объекта могут быть изменены – и повышены, и понижены. Этот принцип заключается в том, что чем больше потенциальных рисков, тем чаще проверки. Например, объекты безопасности с низким риском не будут внесены в график на плановую проверку [10].

Это позволит снизить излишнюю административную нагрузку на добросовестных собственников. Если владелец объекта выполнил все требования и позаботился о безопасности как следует, то и категория пожарного риска будет снижена. Проверять его будут реже в случае пожара.

Общие критерии риска будут определены на основе базовой информации для каждой отрасли в соответствии со статистикой пожаров и характеристикой каждого отдельного объекта. В соответствии с документом, можно получить штрафные баллы за пожары на объекте в прошлом [11]. Кроме этого, будут учитываться степень огнестойкости здания и его этажность.

Сформирован базовый показатель тяжести потенциальных негативных последствий, его разместили на официальном портале МЧС в январе 2021 г.

Расчеты показателей тяжести возможных негативных последствий для функциональных групп объектов проводятся ежегодно на основе статистической информации о количестве пожаров и погибших людей. Эти показатели уже были рассчитаны для планирования контрольно-надзорных мероприятий в 2024 году. В дальнейшем при этом будут учитываться среднестатистические пятилетние значения этих показателей.

Также отмечается, что присвоение и изменение ранее выданной категории риска объектам производится органом государственного пожарного надзора [12].

На официальном сайте МЧС России в сети интернет размещена информация о присвоенной категории риска по объектам защиты. При обращении граждан и владельцев (правообладателей) объектов орган государственного пожарного надзора предоставит мотивированную

информацию о присвоении объектам категории риска [13]. Для этого владельцы объектов смогут самостоятельно оценивать правомерность отнесения эксплуатируемых зданий и сооружений к определенной категории риска, используя специальный калькулятор.

Лица, ответственные за пожарную безопасность являются ответственными в том числе за:

- сообщение о возникновении пожара в подразделение ПСФ и оповещение (информирование) руководства и дежурных служб объекта;
- организацию спасания людей с использованием для этого имеющихся сил и средств, в том числе за оказание первой помощи пострадавшим;
- проверку включения автоматических систем противопожарной защиты (систем оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
- отключение при необходимости электроэнергии (за исключением систем противопожарной защиты), остановку работы транспортирующих устройств, агрегатов, аппаратов, перекрытие сырьевых, газовых, паровых и водных коммуникаций, остановку работы систем вентиляции в аварийном и смежных с ним помещениях, выполнение других мероприятий, способствующих предотвращению развития пожара и задымления помещений здания;
- отключение устройств с применением открытого пламени, а также теплогенерирующих агрегатов, аппаратов и устройств с применением горючих теплоносителей и (или) с температурой на внешней поверхности, способной превысить 90 °С;
- прекращение всех видов работ в здании (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- удаление за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих

в тушении пожара;

- осуществление общего руководства по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;
- обеспечение соблюдения требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- организацию одновременно с тушением пожара эвакуации и защиты материальных ценностей;
- встречу подразделений пожарной охраны и оказание помощи в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;
- сообщение подразделениям ПСФ, привлекаемым для тушения пожаров и проведения, связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ, сведений, необходимых для обеспечения безопасности личного состава, о перерабатываемых или хранящихся на объекте опасных (взрывоопасных), взрывчатых, сильнодействующих ядовитых веществах;
- по прибытии ПСФ информирование руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений, о количестве и пожароопасных свойствах хранимых и применяемых на объекте веществ, материалов, изделий и сообщение других сведений, необходимых для успешной ликвидации пожара;
- организацию привлечения сил и средств объекта к осуществлению мероприятий, связанных с ликвидацией пожара и предупреждением его развития [2].

Начальники смен отвечают за обеспечение пожарной безопасности в сменах установок производства:

- ежемесячно, при приеме смены личным осмотром и опросом персонала проверять состояние противопожарного режима на рабочих местах, делать записи в рабочих журналах по результатам

осмотра и опроса;

- в случае обнаружения при приеме смены каких-либо отклонений по комплектности, исправности отдельных частей и механизмов средств первичного пожаротушения требовать устранения замечаний персоналом, сдающим смену;
- если замечания не могут быть устранены, то намечать мероприятия по соблюдению мер пожарной безопасности с записью в журнале приема-передачи смен.
- обеспечивать беспрепятственный проезд пожарной техники по дорогам, проездам и подъездам к зданиям, сооружениям, наружным пожарным лестницам и гидрантам установки.
- дороги, проезды и подъезды к зданиям, сооружениям, наружным пожарным лестницам, водоисточникам (пожарным гидрантам № 1, 2, 3, 31, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116), используемым для целей пожаротушения, должны быть свободными для проезда пожарной техники, содержаться в исправном состоянии, а зимой очищенными от снега и льда;
- направление движения к пожарным гидрантам и водоемам, являющимся источником противопожарного водоснабжения, должно обозначаться указателями с четко нанесенными цифрами расстояния до их месторасположения.

О закрытии дорог или проездов для их ремонта или по другим причинам, препятствующих проезду пожарных машин, необходимо немедленно сообщать в единую диспетчерскую службу пожарно-спасательного формирования (ПСФ) по телефону. На период закрытия дорог в соответствующих местах должны быть установлены указатели направления объезда или устроены переезды через ремонтируемые участки и подъезды к водоисточникам.

Все помещения, здания и сооружения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения (огнетушители, пожарные краны,

пожарные щиты) в соответствии с нормами. Первичные средства пожаротушения должны содержаться в соответствии с паспортными данными на них и с учетом положений, изложенных в инструкциях по применению. Не допускается использование средств пожаротушения, не имеющих соответствующих сертификатов [22].

Руководитель подразделения также организует соблюдение сроков их перезарядки, освидетельствования и своевременной замены, указанных в паспорте огнетушителя.

Наружные пожарные лестницы и ограждения на крышах зданий и сооружений должны содержаться в исправном состоянии и не реже 1 раза в 5 лет подвергаться эксплуатационным испытаниям.

Территория установки производства изопрена должна иметь наружное освещение для быстрого нахождения в темное время суток пожарных водоисточников, наружных пожарных лестниц и мест расположения пожарного инвентаря.

Руководитель организации обеспечивает наличие на дверях помещений производственного и складского назначения (за исключением помещений категории Д по взрывопожарной и пожарной опасности [14]) и наружных установках обозначение их категорий по взрывопожарной и пожарной опасности, а также класса зоны в соответствии с главами 5, 7 и 8 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [24].

В складских, производственных, административных помещениях, местах открытого хранения веществ и материалов, а также размещения технологических установок на видных местах должны быть вывешены таблички с номером телефона для вызова ПСФ.

При эксплуатации эвакуационных путей и выходов обеспечивается соблюдение проектных решений и требований нормативных документов по пожарной безопасности (в том числе по освещенности, количеству, размерам и объемно-планировочным решениям эвакуационных путей и выходов, а также по наличию на путях эвакуации знаков пожарной безопасности) в

соответствии с требованиями статьи 84 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Запоры на дверях эвакуационных выходов должны обеспечивать возможность их свободного открывания изнутри без ключа, а также осуществлен свободный доступ пожарным подразделениям в закрытые помещения для целей локализации и тушения пожара.

Устройства для самозакрывания дверей должны находиться в исправном состоянии. Не допускается устанавливать какие-либо приспособления, препятствующие нормальному закрыванию противопожарных или противоподымных дверей (устройств).

При эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха запрещается:

- оставлять двери вентиляционных камер открытыми;
- закрывать вытяжные каналы, отверстия и решетки;
- подключать к воздуховодам газовые отопительные приборы;
- выжигать скопившиеся в воздуховодах жировые отложения, пыль и другие горючие вещества.

На производстве изопрена определен порядок и сроки проведения работ по очистке вентиляционных камер, фильтров и воздуховодов от горючих отходов, при этом такие работы проводятся не реже 1 раза в год. Очистку вентиляционных систем пожаровзрывоопасных и пожароопасных помещений необходимо осуществлять пожаровзрывобезопасными способами.

При отключении участков водопроводной сети и (или) пожарных гидрантов, а также при уменьшении давления в водопроводной сети ниже требуемого, извещается подразделение ПСФ по телефону.

На территории предприятия должно быть обеспечено исправное содержание (в любое время года) дорог, проездов и подъездов к зданиям, сооружениям и строениям, открытым складам, наружным пожарным лестницам и пожарным гидрантам.

Запрещается использовать для стоянки автомобилей (частных

автомобилей и автомобилей организаций) разворотные и специальные площадки, предназначенные для установки пожарно-спасательной техники.

Запрещается использовать противопожарные расстояния между зданиями, сооружениями и строениями для складирования материалов, оборудования и тары, для стоянки транспорта и строительства (установки) зданий и сооружений, для разведения костров и сжигания отходов и тары.

В целях поддержания чистоты и порядка организуется очистка объекта и прилегающей к нему территории, в том числе в пределах противопожарных расстояний между объектами, от горючих отходов, мусора, тары и сухой растительности.

Запрещается хранение в цеховых кладовых легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в количестве, превышающем установленные на предприятии нормы. Допустимое количество масла, одновременно находящихся в помещениях насосного отделения, 100 литров марки И-40 на установках и отделениях И-3, И-9, И-16, И-6/1,2, И-7.

Допустимое (предельное) количество людей, которые могут одновременно находиться:

- отделение И-3 – в помещении операторной не более 10 человек, в АБК на 1 этаже – не более 10 человек, в АБК на 2 этаже – не более 10 человек;
- установка И-9 – в помещении операторной не более 35 человек, в АБК на 1 этаже – не более 25 человек, в АБК на 2 этаже – не более 25 человек;
- установка И-8 в помещении операторной не более 30 человек, в АБК на 1 этаже – не более 25 человек, в АБК на 2 этаже – не более 20 человек.
- установка И-6/1,2 в помещении операторной не более 25 человек, в АБК на 1 этаже – не более 25 человек, в АБК на 2 этаже – не более 20 человек.
- отделение И-16 в помещении операторной не более 10 человек, в

- АБК на 1 этаже – не более 10 человек;
- операторная И-9а – не более 10 человек, в АБК на 1 этаже – не более 20 человек;
 - операторная И-7 – не более 10 человек, в АБК на 1 этаже – не более 10 человек;
 - операторная ФХ – не более 10 человек, в АБК на 1 этаже – не более 10 человек;
 - операторная ПК-1 – не более 10 человек, в АБК на 1 этаже – не более 20 человек, в АБК на 2 этаже – не более 10 человек.

К административным и производственным помещениям отделения производства изопрена должен быть свободный подъезд. Внутри зданий должны быть свободные проходы шириной не менее 0,8 м.

Рассмотрим порядок содержания путей доступа подразделений пожарной охраны на объекты защиты (на этажи, кровлю).

На территории производства изопрена должно быть обеспечено исправное содержание (в любое время года) дорог, проездов и подъездов к зданиям, сооружениям и строениям, открытым складам, наружным пожарным лестницам и пожарным гидрантам.

Направление движения к пожарным гидрантам и водоемам, являющимся источником противопожарного водоснабжения, должно обозначаться указателями с четко нанесенными цифрами расстояния до их месторасположения [16].

Запрещается стоянка автотранспорта на крышках колодцев пожарных гидрантов.

Запрещается использовать противопожарные расстояния между зданиями, сооружениями и строениями для складирования материалов, оборудования и тары, для стоянки транспорта и строительства (установки) зданий и сооружений, для разведения костров и сжигания отходов и тары.

Запрещается использовать для стоянки автомобилей (частных автомобилей и автомобилей организаций) разворотные и специальные

площадки, предназначенные для установки пожарно-спасательной техники.

При проведении ремонтных работ дорог или проездов, связанных с их закрытием, руководитель (ответственное лицо за ПБ) подразделения, представитель подрядной организации, осуществляющей ремонт (строительство), предоставляет в подразделение пожарной охраны соответствующую информацию о сроках проведения этих работ и обеспечивает установку знаков, обозначающих направление объезда, или устраивает переезды через ремонтируемые участки дорог и проездов [15].

Все административные и производственные помещения должны быть снабжены первичными средствами пожаротушения.

Сменный персонал, при приеме смены проверяет на своих рабочих местах наличие и исправность средств пожаротушения и докладывает начальнику смены результат проверки.

Не реже одного раза в месяц лицо, ответственное за противопожарную безопасность на установках производства изопрена, проверяет наличие и исправность первичных средств пожаротушения с записью в систему взаимодействия SharePoint.

В каждом помещении около каждой розетки должна быть надпись, указывающая напряжение в сети «220В».

На двери (или около нее) каждого кабинета должна быть табличка «Ответственный за противопожарное состояние с указанием фамилии и инициалов» и телефона вызова ПСФ-92-01.

Вся территория производственных, административных, вспомогательных помещений и вокруг установки должна содержаться в чистоте и порядке.

В целях поддержания чистоты и порядка организуется очистка объекта и прилегающей к нему территории, в том числе в пределах противопожарных расстояний между объектами, от горючих отходов, мусора, тары и сухой растительности.

1.2 Анализ пожарной опасности процесса производства изопрена и существующие меры пожаровзрывозащиты технологического оборудования

Установка И-3-13-16 входит в состав производства Изопрена.

Установка И-3-13-16 предназначена для получения формалина, который образуется в процессе окисления метанола, и является полупродуктом синтеза диметилдиоксана.

Промышленный процесс получения формалина состоит из двух стадий:

- получение метанольного формалина;
- обезметаноливание формалина.

Производство формалина (установка И-3-13-16) было введено в эксплуатацию в составе завода по производству изопренового каучука из изобутилена и формальдегида в 1963 году.

Проект производства формалина, получаемого в процессе окисления метанола, разработан и выполнен Гипрокаучуком г. Москва в 1957г.

Проект производства формалина на третьей системе окисления разработан ПКО «Синтезкаучук» в 1973г.

Проектная мощность производства формалина составляет 231490 т/год 37 % формалина.

Достигнутая мощность за 2014 год – 153 807,22 т/год 37 % формалина.

Технологический процесс получения катализатора «Серебро на пемзе» разработан НПО «Леннефтехим», г. Санкт-Петербург.

Генеральный проектировщик предприятия – институт ОАО «Каучукнефтехимпроект», г. Новокуйбышевск.

Установка И-3 предназначена для ректификации возвратного изобутана.

Первоначальный технический проект установки предварительной ректификации фракции и установки выделения изобутан-изобутиленовой фракции выполнен Гипрокаучуком г. Москва на основании задания на проектирование, утвержденного Заместителем Министра химической

промышленности Фроловым А.Я. от 14 мая 1958 года.

Установка предварительной ректификации изобутан-изобутиленовой фракции перед стадией дегидрирования в цехе И-2 была введена в эксплуатацию в марте 1964 года.

После начала поставок на предприятие сырья (изобутана), не содержащего тяжелых углеводородов, установка была остановлена.

Повторно установка ректификации фракции изобутана-возврата введена в действие в 1965 году, в качестве сырья используется дистиллят колонны № 29/2 отделения И-6 производства диметилдиоксана.

С декабря 2000 года, с пуском производства МТБЭ в отделении ИП-3, имеется возможность работы узла ректификации (колонна № 107) на отработанной фракции изобутана-возврата отделения ИП-3.

Установка узла ректификации введена в эксплуатацию в 1964 году в составе завода по производству изопрена и синтетических каучуков.

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

- блок № 1 – каталитическое окисление метанола;
- блок № 2 – склад емкостей;
- блок № 3 – обезметаноливание формалина;
- блок № 42 – получение катализатора «Серебро на пемзе»;
- блок № 16 – ректификация возвратной изобутан-изобутиленовой фракции;
- блок № 16а – холодильное отделение

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

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

Таблица 1 – Показатели категорий взрывоопасности технологических блоков

№ блока	Наименование блока	Относительный энергетический потенциал Qв (кДж)	Приведенная масса m (кг)	Категория взрывоопасности блока	Радиусы зон разрушения, опасности, м					
					R0	Ri	R2	R3	R4	R5
1	Каталитическое окисление	17	509,4	2	0,715	2,717	4,004	6,864	20,02	40,04
2	Склад емкостей	12	177,6	2	0,35	1,33	1,96	3,36	9,8	19,6
3	Обезметаноливание формалина	27	2 051	2	3,15	11,97	17,64	30,24	88,2	176,4
42	Получение катализатора «Серебро на пемзе»	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Ректификация возвратной изобутан-изобутиленовой	75	41504	1	26,50	100,7	148,4	254,4	742,0	1480
16а	Холодильное	43,19	7917	2	15,3	52,767	77,761	133,31	388,81	777,61

Отделение И-3 предназначено для ректификации возвратного изобутана и производства холода параметров «минус» 5 °С и 0 °С.

Отделение И-13 предназначено для получения свежего и регенерации отработанного катализатора «Серебро на пемзе».

Процесс производства катализатора «Серебро на пемзе» – периодический и состоит из двух основных стадий:

- приготовление свежего катализатора;
- регенерация отработанного катализатора.

Отделение И-16 предназначено для получения формалина, который образуется в процессе окисления метанола, и является полупродуктом синтеза диметилдиоксана.

Промышленный процесс получения формалина состоит из двух стадий:

- получение метанольного формалина;

- обезметаноливание формалина.

Отделение получения щавелевой кислоты предназначено для получения щавелевой кислоты и состоит из следующих узлов:

- узел приема сырья и приготовления маточного раствора;
- узел синтеза, выделение и очистка щавелевой кислоты;
- узел поглощения нитрозных газов;
- узел сбора и нейтрализации химических стоков;

Установка И-6/1,2 предназначена для синтеза и выделения диметилдиоксана (ДМД) из изобутилена и формальдегида.

Установка И-6/1,2 состоит из трех основных блоков:

- а) блок конденсации изобутилена с формальдегидом;
 - 1) конденсация изобутилена с формальдегидом,
 - 2) отмывка масляного слоя реакционной массы от формальдегида и кислот,
 - 3) экстракция органических соединений из дистиллята колонны упарки циркулирующего водного слоя;
- б) блок переработки масляного слоя;
 - 1) выделение возвратной (отработанной) изобутан-изобутиленовой фракции,
 - 2) отгонка «широкой» фракции органических соединений из масляного слоя,
 - 3) ректификация диметилдиоксана,
 - 4) разделение высококипящих побочных продуктов;
- в) блок переработки водного слоя;
 - 1) обезметаноливание формалина, полученного в отделении И-16 установки И-3-13-16,
 - 2) укрепление обезметанолённого формалина,
 - 3) вакуумная упарка водного слоя реакционной массы,
 - 4) укрепление формальдегидной воды.

Установка И-8 предназначена для получения изопрена термическим

разложением диметилдиоксана и ВПП (И-8).

Процесс разложения диметилдиоксана и ВПП состоит из следующих стадий:

- испарение ДМД и перегрев шихты ДМД;
- разложение шихты диметилдиоксана (ДМД) с получением изопренсодержащего контактного газа;
- дожиг газов регенерации;
- перегрев водяного пара;
- разложение высококипящих побочных продуктов (ВПП) с получением изопренсодержащего контактного газа.

Установка И-9 предназначена для производства изопрена-ректификата.

Процесс производства изопрена-ректификата состоит из следующих стадий:

- конденсация контактного газа разложения диметилдиоксана и высококипящих побочных продуктов (ДМД и ВПП);
- выделение изопрен-изобутиленовой фракции;
- отмывка изопрен-изобутиленовой фракции от формальдегида, ректификация изопрен-изобутиленовой фракции;
- химическая очистка изопрена от циклопентадиена (ЦПД);
- ректификация изопрена-сырца;
- отмывка изопрена-ректификата от карбонильных соединений и отгонка углеводородов из промывной воды;
- переработка водного слоя конденсата контактного газа разложения диметилдиоксана (ДМД) и высококипящих побочных продуктов (ВПП);
- выделение и ректификация диметилдиоксана;
- абсорбция отдувочных газов;
- система подогрева горячей воды;
- система перекачки конденсата;

- система ингибирования;
- ингибирование товарного изопрена;
- пароснабжение;
- система обогрева маслоспутников;
- дегазация водного слоя реакторов.

Отделение И-7 предназначено для приема, хранения, подачи диметилдиоксана – ректификата, диметилдиоксана – возврата, легкой фракции высококипящих побочных продуктов, метилдигидропирановой фракции, фульвенов, фракции легкой органики в установки производства изопрена, а также для подачи «зеленого масла», абсорбента и товарной продукции (флотореагента – оксаля) в отделение Д-12-13-И-15 товарно-сырьевого цеха и налива товарной продукции (оксанола, метилдигидропирановой фракции) в автоцистерны для отправки его потребителям.

Отделение И-9а предназначено для очистки толуола и состоит из узла регенерации толуола. В отделении ПК-1 производятся кальций-фосфатные катализаторы различных модификаций (КБФ-76у, КФ-83, КФМ-4).

Процесс получения кальций – фосфатных катализаторов различных модификаций состоит из следующих стадий:

- приготовление растворов хлористого кальция, аммиака, ортофосфорной кислоты, диаммонийфосфата, аммиачного раствора триаммонийфосфата, растворов азотнокислого марганца, хлористого магния.
- приготовление катализаторной суспензии;
- фильтрация суспензии;
- формовка катализаторной пасты;
- сушка и упаковка готового катализатора.

Факельное хозяйство (ФХ) включает в себя факельную установку, предназначенную для сжигания горючих газов и паров, сбрасываемых технологическими подразделениями предприятия.

Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и

наружных установок представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и наружных установок

Наименование производственных зданий, помещений, наружных установок	Категория взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий	Класс взрывоопасной и пожароопасной зоны
Установка И-9		
Наружная установка №1 И-9	Ан	2 класс
Наружная установка №2 И-9	Ан	2 класс
Малая насосная И-9	А	2 класс
Большая насосная И-9	А	2 класс
Насосное отделение по перекачке конденсата (противопожарная насосная)	Д	-
Установка И-3-13-16 (отделение И-3)		
Насосное отделение И-3 (закрытое помещение)	А	2 класс
Помещение машзала компрессоров 4АГ (Е-8а)	В2	2 класс
Наружная установка №1 холодильного отделения	Ан	2 класс
Наружная установка №2	Ан	2 класс
ПЦК	-	-
УПНГ	-	-
Установка И-6/1,2		
щелочное отделение (отделение № 2)	Д	-
помещение насосной (отделение № 3)	А	2 класс
помещение насосной (отделение № 4)	А	2 класс
наружная установка (отделение № 3)	Ан	2 класс
наружная установка (отделение № 4)	Ан	2 класс
наружная установка (отделение № 5)	Ан	2 класс
Установка И-3-13-16 (отделение И-16, отделение И-13)		
насосное отделение И-16 (закрытое помещение)	А	2 класс
наружная установка производства формалина и его обезметаноливания	Ан	2 класс
помещение машзала воздухоагнетателей И- 16	Д	-
Отделение приготовления катализатора «Серебро на пемзе»	Г	-
Установка И-8		
Наружная установка (И-8)	Ан	2 класс

Продолжение таблицы 2

Наименование производственных зданий, помещений, наружных установок	Категория взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий	Класс взрывоопасной и пожароопасной зоны
Отделение ПК-1		
Узел приготовления раствора аммиака ПК-1	Б	2 класс
Узел приема и приготовления раствора ортофосфорной кислоты ПК-1	Д	-
Узел приготовления растворов и получения катализаторной суспензии ПК-1	Д	-
Узел фильтрации катализаторной суспензии, формовки и сушки катализаторной пасты ПК-1	Д	-
Отделение И-7		
наружная установка И-7	Ан	2 класс
насосное отделение И-7	А	2 класс
Отделение И-9а		
Наружная установка (колонна ректификации регенерации толуола отделение И-9а)	Ан	2 класс
Насосное отделение (отделение И-9а, закрытое помещение)	А	2 класс
Факельное хозяйство		
Печь сжигания твердых отходов производства синтетического каучука (открытая площадка)	Ан	2 класс
Факельная установка (открытая площадка)	Ан	2 класс
Насосное отделение ФХ	А	2 класс

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

Аварийная остановка насосов может привести к нарушениям гидравлического и теплового режима системы и разрушению оборудования.

Емкостное оборудование является источником повышенной опасности из-за значительных объемов потенциально опасных веществ, находящихся в них.

Причины, связанные с ошибками, запаздыванием, бездействием

персонала в штатных и нештатных ситуациях, несанкционированными действиями персонала:

- нарушение должностных инструкций и инструкций по выполнению технологических операций;
- ошибочные действия при ремонтных работах на объекте;
- запаздывание при принятии решений по задействованию нужного уровня системы защиты;
- бездействие и ошибка в действиях в нештатной ситуации;
- проведение постоянных или временных огневых работ без специального разрешения;
- самовольное возобновление работ, остановленных органами Ростехнадзора;
- выдача должностными лицами указаний или распоряжений, принуждающих подчиненных нарушать правила безопасности и охраны труда;
- эксплуатация аппаратов, оборудования и трубопроводов при параметрах, выходящих за пределы технических условий;
- нарушение (повреждение), отключение систем взрывозащиты оборудования, систем автоматики и безопасности электрооборудования;
- несоблюдение правил пожарной безопасности [1].

Уровень автоматизации технологического процесса требует от обслуживающего персонала высокой квалификации и повышенного внимания.

Особую опасность представляют ошибки при пуске и остановке оборудования, ведении ремонтных, профилактических и других работ, связанных с неустойчивыми переходными режимами, с освобождением и заполнением оборудования и резервуаров опасными веществами. В случае неправильных действий персонала существует возможность разгерметизации систем и возникновения аварийной ситуации [3].

Данные об опасных веществах, обращающихся в оборудовании установки И-3-13-16 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сведения об опасных веществах

Наименование опасного вещества	Степень опасности и характер воздействия веществ на организм человека
Кислота азотная особой чистоты	Жидкость 3 класса опасности. Азотная кислота представляет собой бесцветную или слегка желтоватую прозрачную жидкость с едким удушливым запахом.
Кислота соляная особой чистоты	Жидкость 2 класса опасности Бесцветная, прозрачная, едкая жидкость, «дымящаяся» на воздухе (техническая соляная кислота желтоватого цвета из-за примесей железа, хлора и пр.). В концентрации около 0,5 % присутствует в желудке человека. Максимальная концентрация при 20 °С равна 38% по массе, плотность такого раствора 1,19 г/см ³ . Молярная масса 36,46 г/моль. Соли соляной кислоты называются хлоридами.
Кислота соляная	Жидкость 3 класса опасности Бесцветная, прозрачная, едкая жидкость, «дымящаяся» на воздухе (техническая соляная кислота желтоватого цвета из-за примесей железа, хлора и пр.). В концентрации около 0,5 % присутствует в желудке человека.
???	Максимальная концентрация при 20 °С равна 38% по массе, плотность такого раствора 1,19 г/см ³ . Молярная масса 36,46 г/моль. Соли соляной кислоты называются хлоридами.
Метанол	ЛВЖ 3 класса опасности. Метанол обладает политропным действием с преимущественным воздействием на нервную систему, печень и почки. Обладает выраженным кумулятивным эффектом. Метанол представляет собой опасность, вплоть до смертельного исхода, при поступлении через желудочно-кишечный тракт. Острые отравления при вдыхании паров встречаются редко. Метанол обладает слабовыраженным местным действием на кожу, может проникать через неповрежденные кожные покровы
Масло турбинное	Жидкость 4 класса опасности. Малоопасное вещество
Масло индустриальное	Жидкость 4 класса опасности. Слабо токсический после приема внутрь, не раздражающий для при попадании в глаз. Первоначально не раздражающий для кожи, при повторяющим контакте с кожей может вызвать аллергию.

Продолжение таблицы 3

Наименование опасного вещества	Степень опасности и характер воздействия веществ на организм человека
Формалиновая фракция	Бесцветная горючая жидкость 2 класса опасности. Обладает раздражающим действием на верхние дыхательные пути, слизистые оболочки глаз, кожные покровы, действует на центральную нервную систему, печень, почки, сердечно-сосудистую систему
Изобутан	Газ 4 класса опасности. При низких концентрациях действует как наркотик, при высоких концентрациях - токсичен.
Топливный газ	Смесь углеводородных газов 4 класса опасности. Токсичность обусловлена углеводородами, входящими в состав газа, а также окисью углерода. Предельные углеводороды обладают сильным наркотическим действием. Человек, находящийся в атмосфере с небольшим содержанием паров в воздухе, испытывает кислородное голодание, а при значительных концентрациях может погибнуть от удушья. При длительном вдыхании паров в концентрациях, незначительно превышающих ПДК, появляется головокружение, тошнота, головная боль и слабость. Следствием хронического отравления является расстройство центральной нервной системы.
Оксид алюминия активный	Гранулы цилиндрической формы. Вещество 3 класса опасности. Оказывает вредное воздействие на организм человека в виде пыли. Вызывает раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, рта, глаз. Длительное вдыхание оксида алюминия может вызвать затемнение легких
Катализатор алюмомеднохромовый ИКТ-12-8	Гранулы или кольца. Вещество 2 класса опасности. Пыль катализатора оказывает общетоксическое действие, раздражает слизистую оболочку глаз носа, носоглотки, верхних дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта
Кислота ортофосфорная	Бесцветная или окрашенная жидкость с оттенком от слабозелтого до коричневого, не прозрачная в слое 15-20 мм при рассматривании на белом фоне. 2 класса опасности. При попадании внутрь организма, на кожные покровы и слизистые оболочки глаз, в зависимости от доз попадания, оказывает раздражающее воздействие, острое отравление (головокружение, рвоту, затрудненное дыхание), химические ожоги, воспалительные заболевания.
Катализатор КБФ-76у, КФ-83	Твердое вещество 3 класса опасности. Длительное вдыхание пыли может привести к пневмокониозу. Могут развиваться дерматиты.

Продолжение таблицы 3

Наименование опасного вещества	Степень опасности и характер воздействия веществ на организм человека
Катализатор К-97	Частицы цилиндрической формы. Вещество 4 класса опасности. Раздражает слизистые оболочки глаз, носа, рта, кожные покровы. При воздействии на кожу вызывает дерматиты и экземы. При длительном поступлении в организм пыли катализатора возможно образование волокнистой соединительной ткани в легких (фибриоз).
Диметилдиоксан	Жидкость 3 класса опасности. Умеренно опасное вещество. Обладает наркотическим действием. Раздражает слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей. При попадании на кожу вызывает сухость кожи, дерматиты. При отравлении - головокружение, головную боль.
Флотореагент-оксаль Марки: Т-80, Т-92, Т-93, Оксанол	Жидкость 4 класса опасности (марки Оксанол – 3 класса опасности). Флотореагент-оксаль марок: Т-80, Т-92, Т-93 - малотоксичное и малоопасное вещество. Не оказывает раздражающего действия на кожу, обладает слабо раздражающим действием на слизистые оболочки глаз. Аллергенное действие не выявлено. Флотореагент-оксаль марки Оксанол – умеренно опасное вещество, обладает раздражающим и наркотическим действиями. Обладает слабо выраженной кумулятивностью.
Формальдегид	Бесцветный газ 2 класса опасности. Токсичен, обладает резким запахом, раздражает слизистую оболочку глаз и носоглотки.
Изопрен	Жидкость 4 класса опасности. Пары изопрена при низких концентрациях в воздухе раздражают слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, при высоких концентрациях оказывают наркотическое действие, действуют угнетающе на центральную нервную систему, вызывают нарушение дыхания. При попадании на кожу изопрен оказывает раздражающее и кожно-резорбтивное действие. В организме не накапливается. При острых отравлениях появляются головная боль, шум в ушах, головокружение, тошнота, рвота, расстройство координации движений.
Спирт бутиловый нормальный	Жидкость 3 класса опасности. Токсичный продукт. Пары его могут вызвать раздражение глаз и слизистых оболочек дыхательных путей. При попадании на кожу - вызывает раздражение
Калия гидрат окиси	Чешуйки или жидкость. 2 класс опасности. Едкое вещество, при попадании на кожу и слизистые оболочки, особенно глаза, вызывает химические ожоги
Циклогексанон технический	Жидкость 3 класса опасности. Оказывает вредное действие на центральную нервную систему. Вызывает головную боль, раздражение глаз, носа, горла, может всасываться через кожу.

Продолжение таблицы 3

Наименование опасного вещества	Степень опасности и характер воздействия веществ на организм человека
Метилдигидропиран	Жидкость 3 класса опасности. Оказывает токсическое, раздражающее, наркотическое действие, проникает через неповреждённую кожу, обладает слабым кумулятивным действием, сенсibiliзирующее действие не выявлено.
Ингибитор ИПОН-11011	Жидкость 3 класса опасности. Оказывает слабое раздражающее действие на кожные покровы и слизистые оболочки глаз. Кожно-резорбтивное действие выражено слабо. Ингаляционная токсичность определяется парами толуола, оказывающими наркотическое действие.
Этиленгликоль	Горючая жидкость 3 класса опасности. Умеренно опасный по степени воздействия на организм продукт, вредно при проглатывании, вызывает раздражение кожи и глаз. Наиболее характерные проявления опасности: головная боль, рвота, головокружение, одышка, потеря сознания.
Фракции тяжелокипящих углеводородов	Жидкость 3 класса опасности. Обладает слабораздражающим действием на кожные покровы, слабой способностью к кумуляции, сенсibiliзирующее действие не выявлено.
Пентаксид диванадия	2 класс опасности. Яд общетоксического действия, влияет на ЦНС, канцерогенен, мутагенен, раздражитель. При вдыхании вызывает раздражение дыхательной системы, при долгом контакте вызывает патологические изменения в организме
Пара-третбутил-пирокатехин (ТБК)	Жидкость. 3 класс опасности. В больших количествах опасен для здоровья при контакте с кожей, при глотании. Продукты коррозионный и при контакте с кожей вызывает ожоги и глубоко разъедает эпидермис. При вдыхании продукт раздражает дыхательные пути. При попадании на кожу может также вызвать сенсibiliзацию кожи.

Сжиженные углеводородные газы под давлением находятся в жидком состоянии, но при нормальных условиях (при прорыве их в атмосферу) они быстро испаряются, превращаясь в тяжелый (тяжелее воздуха) газ, который, стелясь по земле, образует в смеси с воздухом взрывоопасные смеси. Все углеводороды группы СУГ токсичны и действуют на организм человека наркотически, раздражают слизистую оболочку, вызывают головокружение, общую слабость, ощущение опьянения. Попадание сжиженных углеводородов на кожу человека вызывает ее обмораживание за счет быстрого испарения продукта.

Пары большинства горючих газов (ГГ), сжиженных углеводородных газов (СУГ) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) действуют на организм человека наркотически, а при попадании на кожу – могут вызвать кожное заболевание.

Опасность образования взрывоопасной смеси на стадии испарения метанола в спиртоиспарителе № 4/1-3 и смешения с воздухом при нарушении установленного соотношения подаваемого метанола, воздуха и воды.

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

Опасно применение в производстве метанола.

Метанол, применяемый в производстве, а также продукты, получаемые в процессе окисления его, токсичны, а при определенных концентрациях в воздухе образуют взрывоопасные и огнеопасные смеси.

Метанол представляет собой опасность, вплоть до смертельного исхода, при поступлении в организм человека через желудочно-кишечный тракт.

Наиболее опасными местами в производстве формалина являются:

- спиртоиспарители № 4/1-3 для испарения метанольной шихты – ввиду возможности образования взрывной концентрации в случае нарушения соотношения метанол: воздух;
- реакторы № 6/1-3 – ввиду высокотемпературного процесса каталитического окисления метанола в формальдегид;
- насосное отделение – ввиду большого количества насосов и возможности создания загазованности помещения.

В силу указанных особенностей и во избежание несчастных случаев, взрывов, пожаров эксплуатация производства должна осуществляться в строгом соблюдении правил промышленной безопасности, норм технологического режима, указанных в регламенте.

Установка получения холода 0 °С и минус 5 °С и установка ректификации изобутана-возврата И-3 относятся к категории взрывопожароопасных производств. Технологический процесс непрерывный.

Перечень аварий с оборудованием, имевших место на других аналогичных объектах, представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень аварий, имевших место на других аналогичных объектах

Дата аварии	Описание аварии
20.08.2013	В Луганской области в городе Рубежное на химическом предприятии «Химпоставщик» произошел пожар. В результате трое работников предприятия были госпитализированы в Рубежанскую центрально городскую больницу с ожогами различной степени тяжести. ЧП произошло на одном из складов учреждения в момент, когда работники переливали крайне огнеопасное вещество - толуол - из одной емкости в другую. Химикат внезапно вспыхнул, и огонь моментально охватил помещение склада, где хранились 200литровые бочки этиленгликоля.
11.05.2016	ОАО «Газпром газораспределение Воронеж» на межпоселковом газопроводе высокого давления Ду 159 мм от АГРС Айдарово до д. Богданово в районе 300 метров от федеральной тассы М-4 «Дон» произошло возгорание газозвдушной смеси и последующее горение газа, разрушение тела трубы на линейном участке газопровода от внешнего воздействия.
10.06.2016	АО «Тамбовнефтепродукт» на площадке нефтебазы по хранению и перевалке нефти и нефтепродуктов г. Тамбов, ул. Астраханская, д. 173 в резервуарном парке при проведении зачистки наземного резервуара хранения и перевалки бензина АИ-92 объемом 1000 м3 РВС-1000 №50 работниками подрядной организации ООО «Сфера-Строй», оказывающей услуги по зачистке РВС, произошло возгорание паровоздушной смеси внутри резервуара с последующим хлопком. В результате чего произошло частичное разрушение резервуара. Пострадал один человек
12.03.2017	в Тольятти (Самарская область) на территории завода «КуйбышевАзот» загорелись две установки по переработке циклогексана. Площадь пожара составила около 500 м ² . В результате аварии никто не пострадал.
12.09.2018	на предприятии «Карбохим» города Дзержинска Нижегородской области. На территории предприятия произошел разлив растворителя на площади 300 квадратных метров с последующим возгоранием. В результате происшествия один человек погиб, еще один пострадал. Площадь пожара составила 800 квадратных метров
27.11.2018	«Синтез-Каучук» в Башкирии произошло возгорание из-за утечки углеводорода на трубопроводе. Площадь пожара составила 30 квадратных метров. В результате пострадали четверо рабочих, один из них в тяжелом состоянии был доставлен в ожоговый центр Уфы.

При возникновении пожара в шкафу РСУ и АСУТП на установке И-3-

13-16 отделении И-3 предусмотрена автономная система пожаротушения на базе генераторов огнетушащего аэрозоля.

Необходимо выполнять порядок пуска и остановки технологического оборудования, указанный в производственных инструкциях. Постоянный мониторинг за состоянием оборудования, трубопроводов, позволяющий своевременно обнаружить и устранить неполадку.

В пожаровзрывоопасных участках, установках и помещениях должен применяться инструмент из безыскровых материалов или в соответствующем взрывобезопасном исполнении.

Курение разрешается только в строго определенных, специально оборудованных местах, которые обозначены знаками пожарной безопасности и согласованы с представителями ПЧ.

На территории предприятия места для курения находятся:

- в районе установки И-8 (западная сторона);
- в районе АБК ИП-10а (восточная сторона);
- в районе 2-ой проходной, дорога 8 – 8.

Защита колонных аппаратов, тушение и локализация очагов пожара на установке И-9 предусмотрена водяным орошением (лафетными стволами и кольцами орошения колонн, емкостей).

Стационарная установка пожаротушения включает в себя:

- насос-повыситель № 19;
- стационарные лафетные стволы (6 штук);
- кольца орошения на колоннах № 171/I,II,III; № 155/I,II; № 178; № 112/II;
- кольца орошения на емкостях № 194/I-IV;
- пожарные водопроводы (сухотрубы) для подключения пожарных машин с пенным раствором и водой.

Установки лафетных стволов предназначены для тушения и локализации очагов пожара в радиусе 50 метров при помощи подачи струй воды. Лафетные стволы должны обеспечивать быстрое маневрирование

водяной струей в горизонтальной и в вертикальной плоскости [20].

Установка лафетных стволов состоит из:

- лафетного ствола, установленного на поворотном механизме, находящемся на бетонной тумбе;
- технологической разводки трубопроводов и запорной арматуры.

Лафетные стволы расположены:

- ствол № 1 – на наружной установке № 1, отметка 0,0 м, со стороны установки И-6;
- ствол № 2 – на наружной установке № 2, отметка 0,0 м, со стороны 47-ой насосной установки эксплуатации теплогазопроводов, насосных станций и градирен;
- ствол № 3 – на наружной установке № 2 отметка 30,0 м, в районе колонны № 178, 171/II;
- ствол № 4 – на крыше операторной установки И-9;
- ствол № 5 – на наружной установке № 2, отметка 12,0 м, в районе колонны № 14/I;
- ствол № 6 – на наружной установке № 2, отметка 0,0 м, в районе колонны № 112/II.

Лафетные стволы № 1, 2 дополнительно оборудованы специальными устройствами (входными патрубками) для подключения пожарной техники.

Запрещается тушить водой разлитые нефтепродукты, углеводородные фракции, сжиженные газы и т.п. во избежание расширения (растекания) зоны пожара, так как все вышеуказанные продукты легче воды.

Кольца орошения предназначены для охлаждения поверхностей аппаратов, подверженных действию огня – корпусов колонн № 171/I,II,III; № 155/I,II; № 178, № 112/II; № 306/I,II; № 48, № 53 и емкостей № 194/I,II,III,IV.

Кольца орошения выполнены из изогнутых труб, расположенных вокруг колонны, в которых просверлены отверстия.

На колонне № 171/III установлено два ряда колец: верхнее кольцо - над колонной, второе кольцо – через 6 м от первого, под обслуживающей

площадкой.

На колоннах № 48, №53, №112/II и емкостях № 194/I,II,III,IV кольца орошения сделаны в виде отражателей.

Отражатели выполнены в форме зонта над подведенной к нему трубой с сужающим устройством и установлены в центре шлема колонны или емкости.

Для исключения размораживания на осенне-зимний период трубопроводы подачи воды на лафетные стволы, кольца орошения, сухотрубы освобождаются от воды.

В отделении по перекачке конденсата установки И-9 смонтирована автоматическая установка пожаротушения (далее – АУПТ) пенного типа, которая предназначена для обнаружения возгорания на ранней стадии и его тушения, путём подачи огнетушащего вещества на всю площадь помещения большой насосной 1,2,3 этажа и малой насосной.

В качестве аппаратуры управления: пульт контроля и управления охранно-пожарный «С2000М».

В соответствии с действующими нормами и правилами, данные системы обеспечивают своевременное обнаружение пожара, оповещение людей о пожаре.

Все тревожные сообщения, сигналы «Пожар», «Неисправность», «Внимание», «Тушение» выдаются одновременно на пульт в операторную и в единую диспетчерскую службу пожарно-спасательного формирования.

В установке И-6/1,2 система АУПТ выдает управляющие и информационные сигналы в существующую систему пожарной сигнализации которая дает команду на запуск речевого оповещения людей о пожаре в помещениях и на наружных установках, а также выводит тревожные извещения в операторную И-6/1,2 и диспетчерскую ПЧ-28. Система АУПТ обеспечивает контроль основного питания на насосах и формирует тревожный сигнал при его отсутствии. Насосная пенного пожаротушения расположена с западной стороны здания установки И-6/1,2.

В аппаратной И-6/1,2, И-16, И-9, И-8 смонтированы установки

автоматического газового пожаротушения (далее – АУПГ).

Вывод по разделу.

Определено, что установка И-3-13-16 предназначена для получения формалина, который образуется в процессе окисления метанола, и является полупродуктом синтеза диметилдиоксана.

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

Наиболее опасными местами в производстве формалина являются:

- спиртоиспарители № 4/1-3 для испарения метанольной шихты – ввиду возможности образования взрывной концентрации в случае нарушения соотношения метанол: воздух;
- реакторы № 6/1-3 – ввиду высокотемпературного процесса каталитического окисления метанола в формальдегид;
- насосное отделение – ввиду большого количества насосов и возможности создания загазованности помещения.

В силу указанных особенностей и во избежание несчастных случаев, взрывов, пожаров эксплуатация производства должна осуществляться в строгом соблюдении правил промышленной безопасности, норм технологического режима, указанных в регламенте.

При работе возможны следующие аварийные ситуации:

- прекращение подачи оборотной воды;
- прекращение подачи пара;
- прекращение подачи воздуха КИПиА;
- прекращение подачи рассола
- отключение электроэнергии;
- прекращение подачи азота;
- прорыве горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей (горячих и холодных), взрыв, пожар;

- прорыв углеводородов, топливного газа, загазованность территории, пожар;
- прекращение приема химзагрязненных стоков;
- прорыв углеводородов с водой, подаваемой из куба колонны № 140 в ХЗК;
- прекращение подачи сырья;
- выброс газообразных или жидких углеводородов;
- разрыв змеевика печи 8/3;
- прекращение подачи топливного газа на печи 8/1-4;
- выброс из факельного ствола жидких углеводородов;
- пожар.

На исследуемом объекте защиты установлены лафетные ствол, которые предназначены для тушения и локализации очагов пожара в радиусе 50 метров за счёт ручного маневрирования водяной струей в горизонтальной и в вертикальной плоскости.

2 Анализ и повышение эффективности системы пожарной безопасности при производстве изопрена

2.1 Исследование современных методов и способов повышения эффективности пожарной безопасности процесса производства изопрена

Стратегия предотвращения пожаров – это программа, направленная на профилактику и повышение осведомленности при выявлении мест повышенного риска и внедрении мероприятий для снижения риска возникновения пожара.

Существует основные стратегии обеспечения пожарной безопасности, которые могут быть реализованы либо отдельно, либо в сочетании друг с другом, в зависимости от проблемы. План предотвращения представляет собой общий план и основу для реализации стратегий, но должен включать оценку пожарной опасности и контрольные перечни мер безопасности, поскольку они обеспечивают детализацию стратегии [26].

Ограничение распространения пожара внутри здания достигается их разделением противопожарными преградами по горизонтам и вертикали на пожарные отсеки.

Самый эффективный способ устранить пожароопасный процесс и заменить его менее опасным или поменять оборудование на новое. При этом у нас не всегда есть возможность использовать новейшие технологии, в таких случаях требуется модернизация.

Предотвращение пожара должно достигаться предотвращением образования горючей среды и (или) предотвращением образования в горючей среде (или внесения в нее) источника зажигания.

Предотвращение образования горючей среды должно обеспечиваться одним из следующих способов или их комбинацией:

- максимально возможным применением негорючих и трудногорючих

веществ и материалов;

- максимально возможным по условиям технологии и строительства ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения;
- изоляцией горючей среды (применением изолированных отсеков, камер, кабин и пр.);
- поддержанием безопасной концентрации среды в соответствии с нормами и правилами;
- достаточной концентрацией флегматизатора в воздухе защищаемого объема (его составной части);
- поддержанием температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается;
- максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ;
- установкой пожароопасного оборудования по возможности в изолированных помещениях или на открытых площадках;
- применением устройств защиты производственного оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий, установкой отключающих, отсекающих и других устройств.

Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания должно достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией:

- применением машин, механизмов, оборудования, устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания;
- применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси в соответствии с требованиями ПУЭ;
- применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания;
- применением технологического процесса и оборудования,

удовлетворяющего требованиям электростатической искробезопасности;

- устройством молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;
- поддержанием температуры нагрева поверхности машин, механизмов, оборудования, устройств, веществ и материалов, которые могут войти в контакт с горючей средой, ниже предельно допустимой, составляющей 80% наименьшей температуры самовоспламенения горючего;
- исключением возможности появления искрового разряда в горючей среде с энергией равной и выше минимальной энергии зажигания;
- применением не искрящего инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;
- ликвидацией условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания образующихся веществ, материалов, изделий и конструкций;
- устранением контакта с воздухом пирофорных веществ;
- уменьшением определяющего размера горючей среды ниже предельно допустимого по горючести;
- выполнением действующих строительных норм, правил и стандартов.

Противопожарная защита объекта должна достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией:

- применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;
- применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- применением основных строительных конструкций и материалов, в том числе используемых для облицовок конструкций, с нормированными показателями пожарной опасности;
- применением пропитки конструкций объектов антипиренами и

- нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);
- устройствами, обеспечивающими ограничение распространения пожара;
- организацией с помощью технических средств, включая автоматические, своевременного оповещения и эвакуации людей;
- применением средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;
- применением средств противодымной защиты.

Новые и зарождающиеся технологии создают проблемы, которые могут привести к возникновению пожаров по невиданным ранее причинам. Новые строительные материалы и системы регулярно появляются на рынке и нуждаются в оценке относительно их противопожарных характеристик. Другой проблемой является растущее внимание к характеристикам ограждающих конструкций зданий, включая тепловые характеристики, проницаемость воздуха, проникновение воды. В некоторых областях это даже обусловлено изменениями в местных нормативных актах. Это привело к распространению изоляционных изделий с более высокими тепловыми свойствами и использованию материалов для достижения противопожарных характеристик здания. Изменение климата и стремление к более устойчивому строительству также создают проблемы для застроенной среды и общества, которые должны стать более устойчивыми к изменениям и разрушениям [27].

В ответ на все эти сложные факторы строительные продукты, процессы и технологии продолжают развиваться. Они направлены на повышение стоимости, эффективности бизнеса, качества, удовлетворенности клиентов, экологических показателей, устойчивости и предсказуемости сроков поставки, но несут с собой новые проблемы пожарной безопасности.

Многое известно о явлениях и последствиях пожара, а также о том, что необходимо сделать для защиты людей, зданий и окружающей среды от разрушительного воздействия огня. Однако этими знаниями промышленные производства противопожарного оборудования делятся не так охотно.

Взаимосвязанный и более последовательный подход принесет значительные выгоды и улучшит способность:

- реагировать на события;
- отслеживать текущее состояние;
- предвидеть будущие угрозы возникновения пожароопасных ситуаций и возможности противодействия им;
- извлекать уроки из прошлых пожаров и загораний.

Теоретическая база говорит о том, что нет масштабных исследований по рассматриваемой теме, так как они ограничиваются узкими исследованиями в области экономических наук или же отдельных объектов экономики [28].

Оценки пожарных рисков должны учитывать вероятность и последствия пожаров на объектах на основе:

- соответствующих требований законодательства;
- оценки имеющейся информации;
- статистике пожаров на аналогичных объектах;
- возможности возникновения чрезвычайных ситуаций.

Пожарные сталкиваются с рискованными ситуациями при тушении пожаров и спасении пострадавших, это неотъемлемая часть работы пожарного.

Робототехника – одна из самых быстрорастущих областей техники на сегодняшний день. Роботы предназначены для устранения человеческого труда при выполнении трудоемких или опасных работ, а также для действий в труднодоступной среде. Сегодня роботы используются чаще, чем когда-либо прежде, и они больше не используются исключительно в тяжелой промышленности.

Робот может функционировать сам по себе или управляться с расстояния, что означает, что тушение пожаров и спасательные работы можно выполнять, не подвергая пожарных риску, используя вместо этого роботизированные технологии. С другой стороны, роботы уменьшают возможность пожарных попадать в опасные ситуации. В работе используются

двигатели постоянного тока, колеса или гусеницы, микроконтроллер, датчики, насос и установка тушения [29]. Микроконтроллер является сердцем робота. Микроконтроллер управляет всеми частями робота с помощью программирования. Основная функция робота – стать беспилотным транспортным средством поддержки сил пожарной охраны, разработанным для поиска и тушения пожара. Кроме того, компактные размеры и автоматическое управление также позволяют использовать робота при возникновении пожара в небольших и узких помещениях с опасной средой.

2.2 Разработка мероприятий по повышению эффективности системы пожарной безопасности при производстве изопрена

Существует несколько существующих типов транспортных средств для тушения пожаров.

Поскольку роботизированные технологии совершенствуются и становятся неотъемлемой частью нашей жизни, многие люди пытались найти альтернативу человеческому труду и усилиям с помощью новых усовершенствованных технологий проектирования, особенно когда люди рискуют жизнями во время пожаров. Это позволяет роботам действовать эффективно и понимать сложные сценарии развития пожара.

Основная идея заключается в реализации датчиков пожара, устанавливаемых на основе оценки дальности излучения огня. Существуют детекторы дыма и газа, которые обычно являются дешевым и простым решением для обнаружения пожара. Последние разработки в области обеспечения пожарной безопасности, включая распределенные пожарно-оптические датчики температуры можно использовать для тушения пожара. Модуль распределенных датчиков использует беспроводные сенсорные структуры, ультразвуковые датчики, которые распознают препятствия и перемещаются в соответствии с обнаруженными препятствиями. Технология цифровой обработки изображений использовалась с цветными

видеоизображениями.

Современные системы полагаются только на выходной сигнал аналогового датчика, значения которого неточны и имеют тенденцию к легким колебаниям. Следовательно, зависимость от этих датчиков в чрезвычайных ситуациях будет неэффективной. Автономными роботами, разработанными в этой области пожаротушения, при необходимости нельзя управлять вручную. Роботам с ручным управлением требуется человек в качестве оператора вблизи очага возгорания.

Значения аналоговых датчиков недостаточно надежны и колеблются в зависимости от окружающей среды. Иногда автономный робот может потеряться в большом помещении.

В существующей системе эксплуатация устройства с ручным управлением ограничена.

Роботы более оптимальны для тушения пожаров, потому что они работают эффективнее человека и обеспечивают бесперебойную защиту производственных помещений и оборудования.

Роботизированные системы самостоятельного принятия решений более эффективны в некоторых местах, таких как спасательные операции, защитные операции. Поэтому предложена интеллектуальная автономная роботизированная система самостоятельного принятия решений для решения задач пожаротушения.

Автономные роботы пожаротушения также существуют, но они используют единую технику в следующих методах, одним из которых является мультисенсорное взаимодействие [30], [31], [32], [33], а другим – обработка сигналов изображения [34]. Мультисенсорный интерфейс означает не что иное, как сопряжение более чем с одним датчиком, таким как датчик дыма, датчик пламени, датчик температуры. Эта группа датчиков обеспечивает совокупную работу только на более коротком расстоянии. Здесь технология обработки изображений означает не что иное, как захват изображения и оцифровку его для обнаружения целевого объекта.

Современные двигатели постоянного тока для передвижения роботов часто управляются системами силовой электроники, которые регулируют напряжение путем «разделения» постоянного тока на циклы включения и выключения, которые имеют эффективное более низкое напряжение.

В этом проекте мы предлагаем внедрить как автоматическое, так и ручное управление, чтобы устранить недостатки существующей системы пожаротушения, где выполнено только ручное управление лафетными стволами. В случае автоматического режима пожарным не нужно беспокоиться о ситуации с низким приоритетом, с которой может справиться сам робот [35].

Основным преимуществом этой разработки является то, что в процессе тушения пожара пользователь может переключаться между режимами с помощью приложения.

Предлагаемые системные модули:

- элементы управления ручным режимом на веб-странице РНР (система дистанционного управления) состоят из движения вперед, назад, влево, вправо и остановки;
- на веб-странице РНР также есть возможность переключаться между автоматическим и ручным режимами;
- ультразвуковой датчик для обнаружения препятствий;
- пожар обнаруживается с помощью обработки изображений (python и open CV), и на огонь распыляется огнетушащее вещество;
- механизм распыления воды состоит из насоса и электромагнитного клапана.

Предлагаемая мобильная платформа представляет собой основу мобильного робота. Она позволяет роботу двигаться и обеспечивает энергией модульный носитель и модули полезной нагрузки. Для обмена данными мобильная платформа подключается к носителю модуля управления через Ethernet. Данные датчиков отправляются с мобильной платформы, а команды управления принимаются от носителя модуля управления. В предлагаемой

мобильной платформе используется дифференциальный привод на задние колеса в сочетании со свободно перемещающимися полноприводными колесами на колеблющейся передней оси. Источником питания служит 16-элементный блок батарей LFP емкостью 100 Ач. Мобильная платформа управляется с помощью платы управления. Кроме того, платформа будет оснащена отдельным контроллером безопасности, обеспечивающим безопасное управление платформой. Контроллер безопасности будет подключен к реальному контроллеру робота и контролирует заданную скорость вращения двигателей с помощью отдельных датчиков безопасности. Кроме того, в мобильную платформу должен быть надежно интегрирован 3D-лидар безопасности. Этот 3D-лидар контролируется контроллером безопасности и немедленно запускает маневр экстренного торможения, если нарушено защитное поле. Дальность действия защитного поля регулируется в зависимости от скорости робота и даже на максимальной скорости сохраняет достаточную дальность действия, чтобы в экстренной ситуации остановить робота на безопасном расстоянии. Максимальная дальность действия защитного поля составляет 9 м, в то время как сам 3D-лидар имеет максимальную дальность действия 64 м при угловом диапазоне 275 градусов. 3D-лидар должен быть установлен на высоте 200 мм. В дополнение к преимуществам в навигации, такая малая высота необходима для надежного обнаружения плоских объектов или людей, лежащих на полу.

В зависимости от предполагаемого варианта использования могут возникать ситуации с высоким уровнем задымления. Поскольку дым в основном собирается у потолка здания, низкая высота 3D-лидара максимально увеличивает временные рамки, в течение которых его данные могут быть эффективно использованы.

Альтернативные подходы к локализации были оценены для определения местоположения робота при ручном управлении даже в условиях густого дыма. В дополнение к функциям безопасности, собранные лидарные данные используются для одновременной локализации и картографирования. В

функции автономности могут быть внедрены дополнительные механизмы, позволяющие избежать экстренного торможения.

Модульный носитель содержит компьютер для управления мобильной платформой. Кроме того, модульный носитель управляет подключенными модулями полезной нагрузки. Сообщения ROS используются для обмена информацией между всеми компонентами.

Модули полезной нагрузки позволяют быстро дополнять робота дополнительными датчиками и исполнительными механизмами, специфичными для конкретного применения. В дополнение к соответствующей полезной нагрузке модули также имеют встроенный вычислительный блок. Это вычислительное устройство выполняет измерения встроенных датчиков и публикует записанные данные в виде сообщений ROS. Встроенные исполнительные механизмы также управляются с помощью определенных сообщений ROS.

Для предполагаемого применения разработанная мобильная платформа и модульный носитель должны быть оснащены загрузкой огнетушащего вещества, загрузкой монитора пожаротушения и загрузкой связи.

Коммуникационная полезная нагрузка обеспечивает высоконадежное беспроводное подключение для передачи данных [8] к системам пожарной сигнализации или интерфейсу информирования о ситуации [2]. Для тушения пожаров используются два модуля. Полезная нагрузка с огнетушащим веществом обеспечивает подачу огнетушащего вещества и регулирует управление резервуарами высокого давления по запросу с пожарным монитором. Пожарный монитор сочетает в себе возможности обнаружения пламени и тушения. Робота можно предупредить и отправить на место пожара, подключив его к системе пожарной сигнализации.

Полезная нагрузка с огнетушащим веществом состоит из двух адаптированных резервуаров для огнетушителей и баллона со сжатым азотом в качестве газа вытеснителя. В общей сложности полезная нагрузка может быть оснащена 20 кг противопожарной пены и 2 кг азота. Заменить баки

можно с помощью сервисной заслонки за несколько простых шагов. Полезная нагрузка, оснащенная подходящей пеной, способна тушить пожары классов А и В11. В каждом резервуаре с топливом может быть установлено давление (1000 кПа) с помощью индивидуально управляемых электромагнитных клапанов. Впоследствии из резервуаров можно подавать вещество в систему пожаротушения с помощью второй пары индивидуально управляемых электромагнитных клапанов. Состояние электромагнитных клапанов может регулироваться и считываться с помощью определенных сообщений ROS оператором или другими модулями полезной нагрузки (например, полезной нагрузкой монитора пожаротушения).

Полезная нагрузка сочетает в себе датчики и исполнительные механизмы. Датчики добавляют возможность обнаружения и локализации пламени, в то время как исполнительный механизм управляет ориентацией сопла огнетушащего вещества. Вычисления и обмен данными будет выполняться с помощью модуля Nvidia Jetson Orin™. Он подключается через интерфейс RS422 к блоку поворота для выравнивания огнетушащего сопла и блоку обнаружения и локализации пламени. Рабочий диапазон поворотно-откидного устройства составляет 180° по горизонтали и 90° по вертикали.. Обнаружение и локализация выполняются камерой стереовидения Stereolabs ZED 2. Сопло подсоединено к модулю с огнетушащим веществом через шланг высокого давления. Пламя обнаруживается и локализуется с помощью стереокамеры RGB. Стереокамера обеспечивает хорошее разрешение в диапазоне сантиметров в трехмерном пространстве на расстоянии до десяти метров и достаточную точность для изменения положения робота в дециметровом диапазоне для объектов на расстоянии до 20 метров. Дальность действия противопожарного лафетного ствола и соответствующие углы обзора монитора будут определены опытным путем.

Из изображения стереокамеры извлекаются различные параметры и индикаторы, указывающие на наличие пожара. Анализ включает статические свойства, такие как цвет, яркость и размер, а также устойчивость положения.

На основе анализа алгоритм обнаружения решает, присутствует ли пожар. Кроме того, расстояние от возможного пожара до робота оценивается по дальности действия противопожарного монитора. Монитор решает, можно ли уже тушить пожар или робот должен изменить свое положение, чтобы иметь возможность начать процесс тушения. Результирующие команды движения могут передаваться на мобильную платформу через держатель модуля.

Как только робот достигает правильного положения, начинается процесс тушения. Процесс начинается с дополнительной фазы обнаружения пламени в целях проверки и последующего расчета траектории движения монитора. Для этой цели отмечены расчетные точки вдоль нижней линии пожара и указаны соответствующие им расстояния до робота.

Для каждой из этих точек рассчитывается соответствующее положение монитора пожаротушения, чтобы достичь целевой точки с помощью подачи огнетушащего вещества. После этого монитор пожаротушения перемещается по различным положениям для тушения пожара. При достижении окончательного положения процесс тушения приостанавливается. Во время паузы алгоритм обнаружения пожара выполняется повторно, и успешное тушение периодически подтверждается в течение заранее определенного периода времени. Если пламя поднимется снова, рассчитывается и обрабатывается другая траектория тушения. В конечном итоге модуль пожаротушения отправляет роботу сообщение о завершении.

Основной автономных функций мобильной платформы является процесс SLAM на основе лидара. Для этой цели данные 3D-лидара безопасности внутри мобильной платформы оцениваются для создания двумерной сетки занятости окружающей среды. Программная архитектура разработанной мобильной платформы основана на общем навигационном стеке ROS для создания карт и навигации. Общая система разделена на несколько специализированных узлов. Этими узлами являются узел управления роботом, узел SLAM, узел глобального планирования пути, узел локального планирования пути и диспетчер целей. Для повышения безопасности

навигационный стек был расширен за счет включения узла предотвращения столкновений (PCA).

Узел управляющего контроллера осуществляет управление мобильной платформой. Он принимает команды скорости от других узлов системы и преобразует их в соответствующие команды управления приводом. Кроме того, контроллер предоставляет записанные данные об одометрии через сообщения ROS. Используемый узел контроллера реализован на плате микроконтроллера ROS master, которая подключена к носителю модуля управления через интерфейс Ethernet. Используемая версия ROS (ROS Melodic Morenia) изначально не поддерживает архитектуры микроконтроллеров.

По этой причине для связи с ROS master носителя модуля используется упрощенный протокол. Электроприводы подключаются к плате управления через интерфейс CAN. Узел контроллера основан на архитектуре системы управления собственной разработки для управления двигателями привода. Поддерживаются как дифференциальные приводы, так и приводы Mecanum [9].

Узел SLAM используется для создания двумерной карты окружающей среды и локализации мобильной платформы на этой карте. Для создания этой карты оцениваются данные встроенного лидара безопасности. В сценарии планируемого развертывания предполагается записать карту окружающей среды во время начальной настройки системы. Временные препятствия регистрируются в глобальной и локальной карте во время использования. Таким образом, можно сэкономить системные ресурсы, поскольку нет необходимости постоянно отображать среду. Эксплуатация системы в средах со значительными изменениями окружающей среды может привести к ненадежной локализации. В этих случаях возможным вариантом является непрерывное отображение. Используемый узел SLAM основан на эффективной реализации разреженно-плотного отображения (SDM) [10] для генерации карт окружающей среды и алгоритма сопоставления сканирования [11] для локализации в пределах заданной карты. Первоначально записанная

карта района становится доступной через картографический сервер и используется в качестве основы для определения местоположения с помощью сопоставления со сканированием.

Узел глобального планировщика отвечает за вычисление пути по всей карте среды от местоположения роботов до заданного пункта назначения. Для создания действительного плана используется карта сетки, предоставляемая картографическим сервером (или узлом SLAM), и наложенная глобальная карта. Глобальная карта в основном соответствует исходной карте окружающей среды и присваивает определенный коэффициент свободы каждой ячейке карты сетки карты. Эти свободы соответствуют вероятности возникновения препятствия в данной позиции. Если ячейка помечена как занятая, этой ячейке присваивается максимальная загруженность, и ее обходят при планировании возможного пути. На данные глобальной карты накладываются дополнительные слои, чтобы гарантировать, что физические размеры мобильной платформы и неизвестные возможные препятствия будут приняты во внимание при планировании маршрута. Слой препятствий использует данные лидара для отслеживания отклонений полученных данных от исходной карты окружающей среды. Препятствия определяются с помощью трассировки лучей и отмечаются на карте с указанием максимальных загруженностей. Таким образом, в дополнение к изменениям окружающей среды, при планировании маршрута также учитываются временные препятствия. Слои распределяют доступность ячейки по соседним ячейкам в карте загруженности. Максимальный радиус и коэффициент масштабирования этого распределения можно регулировать. Это гарантирует, что свобода пересечения ячейки с зоной действия робота увеличивается по мере приближения робота к препятствию. При настройке параметров учитывается максимальный радиус поворота мобильной платформы. Планировщик путей учитывает доступность ячеек в глобальной карте при планировании путей. Настройка дополнительных слоев карты затрат гарантирует, что робот сможет достичь цели, не сталкиваясь с какими-либо

препятствиями. Как только узел обнаружения пожара устанавливает цель, узел управления и планирования движения вычисляет путь от текущей позиции робота до цели. Поскольку карта постоянно обновляется во время навигации, свободный путь можно распознать, если первоначально действительный маршрут не может быть пройден из-за нового препятствия. Если робот не в состоянии обойти препятствие, не отклоняясь слишком далеко от расчетной траектории, текущий план отбрасывается и определяется новый план. Если для текущей ситуации невозможно определить действительный план, навигация будет прервана по соображениям безопасности.

За планирование локального маршрута отвечает локальный планировщик. В этом случае новый локальный путь определяется на основе определенного глобального пути и локальной среды платформы мобильности. Затем по этому пути следует платформа мобильности. Для достижения этой цели локальный планировщик отправляет команды управления контроллеру мобильной платформы. Подобно глобальному планировщику, локальный путь определяется с использованием локальной карты затрат. Это основано на меньшем участке известной карты сетки района следования и работы, центрированном в центре вращения мобильной платформы, а также перекрыто слоем препятствий. В дополнение к локальной карте также известны системные параметры мобильной платформы. Это включает в себя тип привода, физические размеры мобильной платформы и максимальные значения скорости и ускорения. Таким образом, узел способен планировать наиболее экономичный по времени маршрут, безопасно управляя платформой при объезде всех препятствий. Используются одометрические данные контроллера в качестве дополнительной обратной связи во время навигации. Таким образом, узел может зарегистрировать, смог ли робот успешно выполнить переданные команды управления, и при необходимости внести соответствующие исправления. Это имеет особую ценность, поскольку робот регулирует свою максимальную скорость благодаря полученным прогнозируемым данным об избежании столкновений.

Во время навигации локальная карта и локальный маршрут постоянно обновляются. Если локальному планировщику не удастся вычислить допустимый путь в локальной карте затрат, навигация прерывается и у глобального планировщика запрашивается новый глобальный план.

Диспетчер целей связан с локальной системой пожарной сигнализации и управляет целями мобильной платформы в случае тревоги. Система пожарной сигнализации подключена к различным пожарным извещателям. Эти пожарные извещатели устанавливаются в рабочей среде и контролируют интересующие в пожароопасном направлении зоны.

Каждому пожарному извещателю присваивается соответствующее целевое положение мобильной платформы. При таком положении цели мобильная платформа находится на безопасном расстоянии от возможной опасности и может обзирать окрестности с помощью оборудованного модуля обнаружения пожара.

При срабатывании пожарного извещателя система пожарной сигнализации сообщает соответствующий идентификатор извещателя, и диспетчер целей начинает движение к заданному пункту назначения, передавая соответствующую цель специалистам по планированию. Если срабатывает несколько детекторов, они обрабатываются в том порядке, в котором о них сообщалось. Когда заявленная цель достигнута, диспетчер целей ожидает разрешения от оператора или оборудованного модуля полезной нагрузки.

Если место пожара находится вне досягаемости модуля полезной нагрузки после того, как он достиг места назначения, можно определить новые подцели с помощью модулей полезной нагрузки или операторов, чтобы приблизиться к опасной зоне. Если в пункте назначения не было обнаружено пожара, модуль полезной нагрузки уведомляет диспетчера целей, который, в свою очередь, передает следующий пункт назначения планировщику маршрута. Если в очереди больше нет пункта назначения, приближается исходное положение мобильной платформы, и робот переключается в режим

ожидания до следующего сигнала тревоги.

Узел предупреждения столкновений является дополнительной мерой безопасности мобильной платформы. Во время автономного или ручного управления платформой следует избегать столкновений и резких торможений, чтобы защитить людей и имущество. Для этой цели был разработан узел, который наблюдает за окружением робота и, принимая во внимание параметры робота, определяет расстояние до ближайшего препятствия.

В дополнение к данным 3D-лидара, текущая скорость, направление движения и размеры мобильной платформы учитываются при определении соответствующих препятствий. Текущая траектория мобильной платформы определяется с помощью текущей скорости и направления движения. Кривизна зоны поиска определяется с помощью рассчитанной траектории, а ширина зависит от размеров робота и может быть настроена при необходимости. Во время поиска препятствия учитываются только лазерные траектории в пределах зоны поиска. Если в зоне поиска есть препятствие, вычисляется кратчайшее расстояние между платформой перед движения и препятствием с учетом кривизны зоны поиска.

Из-за геометрии траектории и положения 3D-лидара части области поиска могут быть затемнены объектами за пределами области поиска. В этом случае за минимальное безопасное расстояние принимается наименьший диапазон видимости. Затем это расстояние передается контроллеру. Исходя из этого значения, допустимая максимальная скорость мобильной платформы уменьшается. При уменьшении скорости размер защитного поля 3D-лидара безопасности также может быть уменьшен с помощью активной регулировки защитного поля контроллера безопасности. Цель здесь – обеспечить безопасность системы при максимальном увеличении скорости во время движения.

Измерение температуры является одним из основных требований для контроля состояния окружающей среды, а также для некоторых химических, электрических и механических средств контроля. В продаже имеется

множество различных типов датчиков температуры, и тип датчика температуры, который будет использоваться в том или ином конкретном приложении, будет зависеть от нескольких факторов. Например, стоимость, ограниченность пространства, долговечность и точность датчика температуры – все это соображения, которые обычно необходимо принимать во внимание.

Газоанализатор измеряет концентрацию газа поблизости. Газовый детектор взаимодействует с газом для измерения его концентрации. Каждый газ имеет уникальное пробивное напряжение, т. е. электрическое поле, в котором он ионизируется. Датчик идентифицирует газы путем измерения этих напряжений. Концентрацию газа можно определить путем измерения тока разряда в устройстве.

Мы будем использовать обработку изображений и мультисенсорные технологии в нашей интеллектуальной роботизированной системе обнаружения и тушения пожара. Поскольку датчики не способны обнаруживать пожар на большем расстоянии.[8] Технология машинного зрения играет важную роль в нашей системе. Таким образом, она способна самостоятельно принимать решения. Эта технология делает ее гибкой в любом месте.

Камера захватывает изображение из окружающей среды и обрабатывает это изображение с помощью среды MATLAB, передает управляющий сигнал на контроллер. PWM генерируется выводом PWM из комплекта для оценки ARM Cortex 3. 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 может быть выполнена с использованием Matlab, Keil Uvision4. Matlab используется для обработки изображений. Keil Uvision – это компилятор, который используется для написания встроенного кода для контроллера. Операция обработки изображений состоит в обнаружении пожара на основе операции установления порога. Ранее будет 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. Этот блок обработки изображений действует как искусственный глаз. Инфракрасной сигнальной камеры более достаточно для оптимального определения места стрельбы, чем обычной камеры. Алгоритм разработан для того, чтобы эффективно выполнять эту операцию обнаружения и наведения на цель.

Компилятор используется для записи и загрузки программного кода в контроллер. Мы получаем входные данные датчика температуры от выводов АЦП.

Стандарт Bluetooth, как и Wi-Fi, использует технологию FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum), которая включает разделение полосы частот 2,402-2,480 ГГц на 79 каналов (называемых hops) шириной 1 МГц с последующей передачей сигнала с использованием последовательности каналов, известных как передающей, так и принимающей станциям. Таким образом, благодаря переключению каналов до 1600 раз в секунду стандарт Bluetooth позволяет избежать помех другим радиосигналам.

Таким образом, разработан проект робота-пожарного, который обнаруживает пожар с помощью нескольких сенсорных блоков, а также посредством обработки изображений. Однако роботы такого типа распыляют воду только при обнаружении пожара. В следующем разделе работа будет заключаться в создании и апробации точек определения загораний и внедрение робота с алгоритмом встраивания изображения во всю камеру мониторинга и беспроводной связью. Это обеспечивает нашему роботу большую гибкость при тушении пожара во всем здании. Такой робот обнаружит вид пожара и в соответствии с этим задействует соответствующую систему пожаротушения. Добавление нескольких схем безопасности в этого робота сделает его продвинутым роботом для обеспечения безопасности и наблюдения.

Вывод по разделу.

В настоящее время разрабатывается широкий спектр пожарных роботов с использованием обычных микроконтроллеров. Однако это только прототипы, и они могут быть изменены. Для этого есть много причин, некоторые из которых включают высокую стоимость, недостаточную эффективность, из-за трудноуловимых пожаров и т.д. Работа в рамках этого исследования включает в себя решение вышеуказанных трудностей и создание описания прототипа, который был бы почти эквивалентен функционированию в режиме реального времени.

Пожарный робот – это независимое наземное транспортное средство, способное ощущать присутствие огня и тушить возникающий пожар. Автоматическая система огнетушения со встроенными датчиками и защитой для оптимизации эффективности пожаротушения.

Надлежащее использование робота обеспечит проведение учений по тушению пожара и восстановлению без риска для жизни пожарных, используя робототехнику в качестве альтернативного выбора человека. Представлена конструкция и реализация робота-огнетушителя, в котором используются три типа датчиков пожара, таких как датчик пламени, датчик дыма и датчик температуры, для повышения надежности обнаружения пожара. Несколько систем управления управляют роботом, чтобы он мог более эффективно тушить пожар.

Ранее роботы-пожарные управлялись с помощью различных электронных устройств, и эти устройства предлагали огромный простор для работы. Но благодаря передовым технологиям мы можем визуализировать того же робота с помощью приложения для Android для управления поведением робота. С помощью таких роботов пожарные могут снизить опасность своей работы, а движения роботов становятся более эффективными.

Концепция робота определяет машину, которая может быть сконфигурирована так, чтобы подчиняться правилам и реагировать на внешние стимулы. Эти роботы особенно эффективны в отраслях

промышленности, где повышен риск возгорания или взрыва.

Предлагаемое транспортное средство способно автоматически определять наличие пожара и тушить его с помощью датчиков. Для управления движением робота требуются редукторные двигатели и привод двигателя. Схема реле используется для контроля работы насоса, и при обнаружении пожара она взаимодействует с микроконтроллером (Arduino UNO R3) через модуль Bluetooth. Предлагаемый робот оснащен водоструйным распылителем, способным разбрызгивать воду или подавать пену. Интерфейс arduino Android обнаруживает препятствия с помощью ультразвуковых датчиков на расстоянии до 80 м. Связь между мобильным телефоном и роботом будет осуществляться через Bluetooth, который будет иметь графический интерфейс для мониторинга движения робота.

3 Апробация и внедрение системы обеспечения пожарной безопасности при производстве изопрена

3.1 Разработка программы внедрения мероприятий по повышению эффективности пожарной безопасности при производстве изопрена

В предыдущем разделе предложен автономный мобильный робот для расширения существующих систем обнаружения и тушения пожара.

Этот робот автоматически получает предупреждение от центральной системы пожарной сигнализации и направляется к месту потенциального пожара.

Робот автономно перемещается к потенциальному очагу возгорания, обнаруживает его и автоматически тушит. Робот также способен автономно обнаруживать начальные очаги возгорания. Для этой цели он оснащен датчиками и автономно патрулирует окружающую среду для обнаружения пожаров.

В рамках этого исследования разработана роботизированная модель пожаротушения и проверяется ее производительность для продвижения этой системы в режиме реального времени.

Экспериментальное поле апробации и внедрения предложенных мероприятий по повышению эффективности пожарной безопасности при использовании ЛВЖ в производстве изопрена развивалось путем разведения простого костра, который тушился роботом.

В рамках исследовательского проекта использование роботизированных систем рассматривается в четырех эталонных сценариях (пожар, инциденты с химическими веществами, обрушение зданий и наводнения). Разработанная роботизированная система фокусируется на эталонном сценарии «пожар». В частности, рассматриваются вопросы раннего обнаружения возгорания и его тушения в промышленных производственных и складских помещениях с большой занимаемой площадью.

Цель недавно разработанного робота – обнаруживать, сообщать о зарождающихся пожарах и тушить их как можно раньше. Небольшие пожары, особенно в промышленных условиях, могут быстро привести к опасным реакциям из-за возможной высокой плотности легковоспламеняющихся предметов или химических веществ. Использование предлагаемой системы предназначено для предотвращения распространения опасности даже без использования крупномасштабных систем пожаротушения. Существующие системы противопожарной защиты не должны заменяться мобильной платформой.

Платформа может использоваться по-разному в зависимости от условий окружающей среды. Одной из возможностей является автономное исследование среды развертывания.

Путевые точки определяются в представляющих интерес регионах, которые проверяются на наличие потенциальных пожаров во время регулярного патрулирования. При обнаружении пожара будет сообщено о нем и он будет потушен автономно.

В качестве альтернативы разведывательным поездкам платформа также может использоваться в качестве автономной системы предотвращения опасности. Для этой цели робот должен быть интегрирован в центральную систему пожарной сигнализации, чтобы получать предупреждение в случае пожара.

Робот перемещается в указанную опасную зону и пытается локализовать обнаруженный пожар и бороться с ним автономно. Кроме того, система может предоставлять предупрежденным аварийным службам важную визуальную информацию о местоположении.

Рамочные условия были разработаны совместно с партнерами по проекту и также основаны на существующих системах, таких как руководящие принципы для AGV, а также концепция модульности Института связи, обработки информации и эргономики Фраунгофера [2].

Общая конструкция системы обусловлена высокими требованиями

предполагаемого сценария применения.

При развертывании робот должен преодолевать большие расстояния (около 500 м) в пределах своей рабочей среды. Чтобы свести к минимуму время между оповещением и прибытием на место происшествия, приводы робота были рассчитаны на конечную скорость около 5 м /с. Робот может развивать эту максимальную скорость с места в течение двух секунд. Кроме того, платформа оснащена резервуарами с огнетушащим веществом для тушения пожаров и несколькими модулями полезной нагрузки. Максимальная полезная нагрузка мобильной платформы составляет 200 кг. На этапе проектирования были определены возможности пожаротушения. Эти возможности были оценены в ходе различных тестов в исследовательском центре противопожарной защиты.

Поскольку этот проект был посвящен изучению методологии пожаротушения на уровне пожарных, он дал глубокие знания о развитии пожара в современных бытовых условиях. Это дает основу для продвижения по последнему слову техники в стратегии тушения пожара в жилом помещении. Довольно новая модель принятия решения между внутренней атакой и внешней атакой и наступательным и оборонительным подходом вполне может быть принята для пожарно-спасательного командования, но это должно подкрепляться образованием и четкими руководящими принципами. Довольно часто выбор стратегии не столь очевиден, а процесс принятия решений далек от прямолинейного. Необходимо исследование с изложением контрольных признаков для принятия решения о стратегии пожаротушения.

Ультразвуковой датчик используется для определения расстояния между роботом и препятствием путем сопряжения его с Raspberry pi. Это также предоставляет нам достаточные данные не только для объезда препятствий, но и для поддержания безопасного расстояния между источником огня и роботом. В комплекте имеется USB-камера для обнаружения пожара с помощью обработки изображений. Как только пожар обнаружен, включив двигатель постоянного тока, мы можем распылить воду

из контейнера.

Каждое движение робота достигается с помощью различных двигателей постоянного тока, используемых в конструкции. Для распыления воды из контейнера мы используем отдельный мотор автомобильного стеклоочистителя и электромагнитный клапан для регулирования давления распыляемой воды.

Предлагаемая программируемая платформа Raspberry pi запрограммирована с использованием python. После включения питания платформа инициализирует контакты в качестве выходных данных для отправки управляющего сигнала ультразвуковому датчику, в свою очередь датчик отправляет обратно импульс в виде времени, необходимого для прохождения ультразвуковой волны от датчика к любому объекту и обратно.

Для обнаружения пожара предлагается использовать технологию OpenCV для обработки изображений и по верхней и нижней границам цветовых пространств HSV красного, оранжевого и желтого цветов определяем стандартные цвета пожара. Как только пожар обнаружен, посылается сигнал на насос подачи огнетушащего вещества и двигатель постоянного тока (на лицевой стороне), чтобы потушить обнаруженный пожар, и до тех пор, пока пожар не будет потушен, этот цикл будет повторяться. Этот механизм обнаружения пожара аналогичен обоим режимам.

В ручном режиме мы используем веб-страницу PHP для управления движением робота. Это было разработано с целью управления роботом из другого места.

Изначально создается локальная сеть с одним устройством, генерирующим точку доступа Wi-Fi, и платформа управления Raspberry подключается к ней. После успешного подключения есть возможность запустить робота в автоматическом или ручном режиме. В автоматическом режиме робот включается путем одновременного запуска двух скриптов на Python, один из которых предназначен для определения цвета, а другой – для запуска двигателей. Существует также отдельная программа для

ультразвукового зондирования, которая вызывается из основной программы GPIO.

В кодировке OpenCV используются красный, желтый и оранжевый цвета. Цвет определяется путем вычисления его цветового диапазона в цветовом пространстве HSV. Добавлены нижнее и верхнее граничные значения цветов, и когда обнаруженный цвет соответствует диапазону между пороговыми значениями, платформа управления подает команду роботу направить двигатели в сторону пожара на короткое время, после чего насос и электромагнитный клапан начинают выбрасывать воду из резервуара для хранения воды. До тех пор, пока пожар обнаружен, механизм распыления воды будет работать, а после полного тушения пожара камера не будет фиксировать заданные цвета, поэтому робот начнет вращаться на 360 градусов для обнаружения пожара. Как только камера фиксирует возгорание, робот снова запускает механизм распыления воды.

Как только программа python запущена и камера или ультразвуковой датчик что-либо обнаруживают, в терминале отображаются соответствующие аргументы.

Мы использовали следующие аргументы:

- обнаружен «ПОЖАР» в случае обнаружения какого-либо цветового компонента;
- обнаружено препятствие, если какое-либо препятствие обнаружено ультразвуковым датчиком;
- «РУЧНОЙ РЕЖИМ» для работы в ручном режиме;
- «АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ» для работы в автоматическом режиме.

В ручном режиме робот полностью управляется через веб-страницу PHP, где мы можем отправлять команды драйверу двигателя через контакты GPIO для перемещения в требуемом направлении. Робот оснащен четырьмя колесами, подключенными к четырем двигателям постоянного тока 12 В со 100 оборотами в минуту. Система управления роботом предлагается со

следующими элементами управления:

- вперед;
- назад;
- правильно;
- оставлено;
- стоп.

Также имеется элемент управления для переключения между автоматическим и ручным режимами. Количество времени распыления воды может быть изменено на программном уровне, а также радиус обнаружения может варьироваться для обнаружения огня любой дальности действия.

Автоматический противопожарный робот способен обнаруживать пожар и успешно тушить источник возгорания. Система управления при помощи веб-страницу РНР управляет двигателем постоянного тока и ультразвуковым датчиком движения робота. Он может обнаружить возгорание при нормальном и темном освещении и лучше подходит для тушения пожара внутри здания.

Модуль ИК-датчика будет использоваться для обнаружения присутствия огня или тепла в окружающей среде. Модуль ИК-фотодиода будет использоваться для обнаружения присутствия пламени, в то время как модуль датчика PIR будет использоваться для обнаружения движения людей или животных в окружающей среде. Модуль ИК-датчика приближения будет использоваться для обнаружения препятствий и предотвращения столкновений.

Инфракрасный передатчик – это один из видов светодиодов, который излучает инфракрасные лучи, обычно называемые ИК-передатчиком. Кроме того, ИК-приемник используется для приема ИК-лучей, передаваемых через ИК-передатчик. Одним из важных моментов является то, что ИК-передатчик и приемник должны располагаться на прямой линии друг к другу. Передаваемый сигнал подается на ИК-передатчик при каждом высоком уровне сигнала, включается индикатор ИК-передатчика, и он передает ИК-

сигналы на приемник. ИК-приемник оснащен компаратором для сравнения получаемых изображений.

Пассивные инфракрасные детекторы (PIR-детекторы) представляют собой электронные датчики смещения, которые измеряют инфракрасный свет, излучаемый объектами в поле зрения. PIR часто используются в конструкции датчиков с PIR-заземлением. Движение обнаруживается, когда источник инфракрасного излучения с одной температурой, похожий на человеческое тело, проходит перед источником с другой температурой.

Возможности разработанной роботизированной системы и оснащенных модулей полезной нагрузки регулярно проверяются в реальных условиях в рамках нескольких тестовых установок. Основное внимание в этих экспериментах уделялось основным возможностям системы, таким как навигация, локализация, предотвращение столкновений, связь между роботом и системой пожарной сигнализации, безошибочное обнаружение пламени, а также точная локализация и успешное тушение источников возгорания. Таким образом, была разработана воспроизводимая, реалистичная и изменяемая тестовая среда.

Были выделены два помещения прямоугольной формы. В каждом помещении в случайном порядке были размещены различные предметы (например, пластиковые бочки или картонные коробки) и поддон, наполненный легковоспламеняющейся жидкостью в качестве источника возгорания. В каждом помещении был установлен детектор пламени, подключенный к системе пожарной сигнализации, и местоположение входа известно роботу. Исходное положение мобильной платформы с ИК-датчиком определялось случайным образом.

Поддон с ЛВЖ воспламенялся в случайно выбранном помещении. Событие пожара немедленно обнаруживается встроенными датчиками пламени и передается в систему пожарной сигнализации. Система передает соответствующий идентификационный номер сработавшего датчика пламени. Оператор мобильной платформы перемещал платформу с ИК-датчиком по

оптимальному маршруту к соответствующему входу в помещение. Оказавшись на месте, соответствующее помещение сканируется противопожарным монитором. В конечном итоге пожар обнаружен.

Положение огня меняется при каждом запуске и переключается между помещениями.

Фактический отснятый материал роботизированной системы пожаротушения, оснащенной чувствительными датчиками пламени, механизмом предотвращения, сигнализацией и возможностью отправки SMS-сообщений. Было значительно продемонстрировано успешное функционирование изготовленной системы пожаробнаружения с несколькими функциональными возможностями.

Результаты апробации датчиков обнаружения пожара представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты апробации датчиков обнаружения пожара

Временная задержка до обнаружения	Расстояние от огня			Среднее расстояние	Замечания
	976 мм	968 мм	998 мм		
200 мс	976 мм	968 мм	998 мм	980,67 мм	Огонь находится слишком далеко
300 мс	707 мм	710 мм	705 мм	707,33 мм	Огонь находится слишком далеко
400 мс	594 мм	610 мм	579 мм	594,33 мм	Точный
500 мс	343 мм	350 мм	348 мм	347 мм	Огонь слишком близко

Чтобы наблюдать за систематической работой изготовленной роботизированной системы пожаротушения, было измерено время задержки для начала тушения пожара, как указано в таблице 5. Было обнаружено, что требуется 400 мс, прежде чем команда подавалась на начало тушение. Это просто означает, что была обеспечена точность реагирования предложенной роботизированной системы пожаротушения.

Разработанная система смогла успешно выполнить тестовые сценарии. Подача сигнала пожарной сигнализации, а также навигация к

соответствующим помещениям прошли без ошибок.

Алгоритм обнаружения пожара модуль ИК-датчика и компаратора надежно обнаружил возгорания. Благодаря точной локализации и правильному расчету траектории процесс тушения всегда проходил успешно. Кроме того, связь и координация между системами работали безупречно. Процесс тушения начался, когда робот остановился, и робот начал обратный путь на исходную позицию после сообщения об успешном тушении.

Испытания были успешно повторены несколько раз на разных установках. Система, описанная в этом разделе, показывает, что автономная мобильная роботизированная платформа является полезным дополнением к установленным системам пожаротушения. Представленный автономный робот позволяет успешно обнаруживать локальные и более мелкие пожары и тушить их.

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности при производстве изопрена

Предлагаемое транспортное средство способно обнаруживать наличие пожара и автоматически тушить его с помощью датчиков. Как только он обнаружит пожар, он подаст звуковой сигнал и одновременно отправит сообщение пользователю по Bluetooth, и как только он обнаружит пожар, он свяжется с микроконтроллером через модуль Bluetooth. Он отправляет пользователю push-уведомление о том, следует ли ему управлять водяным насосом или нет. Как только пользователь реагирует на уведомление и разбрызгивает воду в аварийном месте. Содержит привод двигателя для управления движением робота. Для управления насосом используется релейная схема. Предлагаемый робот оснащен водоструйным распылителем, который способен разбрызгивать воду. Разбрызгиватель можно перемещать в требуемом направлении. Во время движения к источнику огня может случиться так, что он наткнется на какие-то препятствия, тогда у него есть

возможность обходить препятствия с помощью ИК-датчика. Как только происходит несчастный случай с пожаром, датчик PIR обнаруживает присутствие человека в этом месте. Он отправляет пользователю сообщение о спасении человека в зоне пожара. Он предоставит графический интерфейс для работы с использованием Android. Связь между мобильным телефоном и роботом будет управление осуществляется через Bluetooth, который будет иметь графический интерфейс для управления движением робота. Когда мобильный телефон подключается к Bluetooth, сначала он устанавливает название модуля, скорость передачи данных в бодах, возможную для реализации связи Bluetooth между смартфонами и микроконтроллером.

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

- если в ООО «Тольяттикаучук» используется существующая система обеспечения пожарной безопасности;
- если в ООО «Тольяттикаучук» имеется разработанный робот обнаружения и тушения пожаров.

Рассчитаем площадь пожара на территории ООО «Тольяттикаучук» по формуле 1:

$$F''_{\text{пож}} = \pi \times (v_{\text{л}} \times B_{\text{св.г}})^2 \times 2 \text{ м}^2, \quad (1)$$

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

$B_{\text{св.г}}$ – время свободного горения, мин.» [25].

$$F''_{\text{пож1}} = 3,14 \times (1,5 \times 11)^2 = 855 \text{ м}^2,$$

$$F''_{\text{пож2}} = 3,14 \times (1,5 \times 4)^2 = 113 \text{ м}^2$$

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	1 вариант	2 вариант
Площадь пожара	м ²	855	113
«Площадь объекта» [25]	м ²	1260	
«Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов» [25]	руб./м ²	50000	50000
«Стоимость поврежденных частей здания» [25]	руб./м ²	10000	10000
«Вероятность возникновения пожара» [25]	1/м ² в год	5·10 ⁻⁵	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами пожаротушения» [25]	P_2	0,86	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [25]	P_1	0,79	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [25]	P_3	0,95	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [25]	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [25]	k	1,63	

Расчёт ожидаемых потерь ООО «Тольяттикаучук» от пожаров производится по формуле 2.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3), \quad (2)$$

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

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

$M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [25]:

$$M(\Pi_1) = J \times F \times C_m \times F_{\text{пож}} \times (1+k) \times p_1; \quad (3)$$

где J – «вероятность возникновения пожара, 1/м² в год;

F – площадь объекта, м²;

C_m – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./м²;

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

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [25].

$$M(\Pi_2) = J \times F \times (C_m \times F'_{\text{пож}} + C_k) \times 0,52 \times (1+k) \times (1-p_1) \times p_2; \quad (4)$$

где p_2 – «вероятность тушения пожара привозными средствами;

C_k – стоимость поврежденных частей здания, руб./м²;

$F'_{\text{пож}}$ – площадь пожара за время тушения привозными средствами» [25].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2] \quad (5)$$

где $F''_{\text{пож}}$ – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения, м².

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (6)$$

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 1260 \times 50000 \times 855 \times (1+1,63) \times 0,86 = 6440701,68 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 1260 \times (50000 \times 855 + 10000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 = 703480,23 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 1260 \times (50000 \times 1260 + 10000) \times (1+1,63) \times [1-0,79-(1-0,79) \times 0,86] = 313203,81 \text{ руб./год.}$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 1260 \times 50000 \times 113 \times (1+1,63) \times 0,86 = 712467 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 1260 \times (50000 \times 113 + 10000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 =$$

=77966 руб./год;

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 1260 \times (50000 \times 1260 + 10000) \times (1 + 1,63) \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] = \\ = 313203,81 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 5 \times 10^{-5} \times 1260 \times (50000 \times 1260 + 10000) \times (1 + 1,63) \times \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95] \times 0,86\} = 15346,99 \text{ руб./год.}$$

Общие ожидаемые потери ООО «Тольяттикаучук» от пожаров составят:

- если в ООО «Тольяттикаучук» используется существующая система обеспечения пожарной безопасности:

$$M(\Pi)_1 = 6440701,68 + 703480,23 + 313203,81 = 7457385,72 \text{ руб./год;}$$

- если в ООО «Тольяттикаучук» имеется разработанный робот обнаружения и тушения пожаров:

$$M(\Pi)_2 = 712467 + 77966 + 313203,81 + 15346,99 = 818974,80 \text{ руб./год.}$$

Стоимость выполнения предлагаемого плана мероприятий рассчитана в 16250000 руб.

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем пожаротушения по формуле 7:

$$P = A + C \quad (7)$$

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

С – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб./год» [25].

$$P=500000+682000=1182000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 8:

$$C_2 = C_{m.p.} + C_{c.o.n.} \quad (8)$$

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

$C_{с.о.п.}$ – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [25].

$$C_2=250000+432000=682000 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 9:

$$C_{т.р.} = \frac{K_2 \cdot H_{т.р.}}{100\%} \quad (9)$$

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

$H_{т.р.}$ – норма текущего ремонта, %» [25].

$$C_{m.p.} = \frac{5000000 \times 5}{100} = 250000 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала рассчитывается по формуле 10:

$$C_{c.o.n.} = 12 \times Ч \times ЗПЛ \quad (10)$$

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

$ЗПЛ$ – заработная плата 1 работника, руб./месс» [25].

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

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения рассчитываются по формуле 11:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (11)$$

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

H_a – норма амортизации, %» [25].

$$A = \frac{5000000 \times 10}{100} = 500000 \text{ руб.}$$

Экономический эффект составит:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (20)$$

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

t – год осуществления затрат;

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

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

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

P_1 , P_2 – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t -м году, руб./год» [25].

Расчёт денежных потоков представлен в таблице 7.

Интегральный экономический эффект от использования робота обнаружения и тушения пожаров в ООО «Тольяттикаучук» за десять лет составит 17252363,07 рублей.

Таблица 7 – Расчёт денежных потоков

Год существования проекта	M(Π)1-M(Π)2	Д	[M(Π1)-M(Π2)]Д	K ₂ -K ₁	Денежные потоки
1	5456410,92	0,91	4965333,94	16250000	-11284666,06
2	5456410,92	0,83	4528821,07	-	4528821,07
3	5456410,92	0,75	4092308,19	-	4092308,19
4	5456410,92	0,68	3710359,43	-	3710359,43
5	5456410,92	0,62	3382974,77	-	3382974,77
6	5456410,92	0,56	3055590,12	-	3055590,12
7	5456410,92	0,51	2782769,57	-	2782769,57
8	5456410,92	0,47	2564513,13	-	2564513,13
9	5456410,92	0,42	2291692,59	-	2291692,59
10	5456410,92	0,39	2128000,26	-	2128000,26
Интегральный экономический эффект					17252363,07

В целом, автоматический робот-огнетушитель потенциально может стать ценным инструментом для предотвращения пожаров и обеспечения безопасности, но необходимы тщательное рассмотрение и тестирование, чтобы убедиться в его эффективности и практичности в реальных ситуациях.

Вывод по разделу.

Робот-пожарный может быть изготовлен из доступных материалов, и были проведены некоторые тесты, чтобы оценить его эффективность в различных ситуациях.

Поскольку робот-пожарный должен выдерживать различные ситуации, этот тест эффективности поможет нам создать лучшую модель. Противопожарный робот достаточно эффективен для борьбы с огнем в небольших масштабах. Он может лучше ощущать пламя в темных местах. Поскольку он может мгновенно обнаруживать пожар и тушить его до распространения. Этот мультисенсорный робот может стать решением по обеспечению пожарной безопасности процесса производства изопрена.

При достаточном финансировании и масштабах применения робот такой конструкции также может бороться с крупными пожарами с большей

резервируемостью, а усовершенствованный датчик обнаружения пожара может обеспечить даже более раннее обнаружение пожара при любых обстоятельствах.

Можно установить больше датчиков для повышения производительности, а также сократить время реакции при обнаружении источника пожара.

С добавлением камеры 360° мы можем обеспечить большое поле зрения. Резервуар может быть заменен водопроводом для тушения более крупного источника огня.

Цветовое распознавание огня не очень надежно. Следовательно, вместо USB-камеры можно установить тепловизионную камеру для лучшего обнаружения источника огня в зависимости от интенсивности.

В заключение, автоматический робот-огнетушитель, использующий IoT, является многообещающей технологией, которая может помочь предотвратить пожары и защитить жизни и имущество.

Используя датчики Интернета вещей и возможности подключения, такой робот может обнаруживать пожары на ранней стадии, перемещаться к месту пожара и тушить его автономно.

Некоторые потенциальные преимущества этой технологии включают более быстрое время реагирования, уменьшение ущерба имуществу и повышение безопасности людей, находящихся вблизи очага пожара. Кроме того, роботы-огнетушители с поддержкой Интернета вещей могут использоваться в различных условиях, таких как дома, офисы и фабрики, для предотвращения пожаров до того, как они выйдут из-под контроля. Однако при внедрении этой технологии также возникают некоторые проблемы, такие как обеспечение надежности и безопасности робота, интеграция его с существующими системами пожарной безопасности и управление данными и подключением, необходимыми для функционирования Интернета вещей.

Разработанная система смогла успешно выполнить тестовые сценарии. Подача сигнала пожарной сигнализации, а также навигация к

соответствующим помещениям прошли без ошибок.

Алгоритм обнаружения пожара надежно обнаружил возгорания. Благодаря точной локализации и правильному расчету траектории процесс тушения всегда проходил успешно. Кроме того, связь и координация между системами работали безупречно. Процесс тушения начался, когда робот остановился, и робот начал обратный путь на исходную позицию после сообщения об успешном тушении. Испытания были успешно повторены несколько раз на разных установках. Система, описанная в этом разделе, показывает, что автономная мобильная роботизированная платформа является полезным дополнением к установленным системам пожаротушения. Представленный автономный робот позволяет успешно обнаруживать локальные и более мелкие пожары и тушить их.

Интегральный экономический эффект от использования робота обнаружения и тушения пожаров в ООО «Тольяттикаучук» за десять лет составит 17252363,07 рублей.

Заключение

В первом разделе определено, что установка И-3-13-16 предназначена для получения формалина, который образуется в процессе окисления метанола, и является полупродуктом синтеза диметилдиоксана.

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

Наиболее опасными местами в производстве формалина являются:

- спиртоиспарители № 4/1-3 для испарения метанольной шихты – ввиду возможности образования взрывной концентрации в случае нарушения соотношения метанол: воздух;
- реакторы № 6/1-3 – ввиду высокотемпературного процесса каталитического окисления метанола в формальдегид;
- насосное отделение – ввиду большого количества насосов и возможности создания загазованности помещения.

В силу указанных особенностей и во избежание несчастных случаев, взрывов, пожаров эксплуатация производства должна осуществляться в строгом соблюдении правил промышленной безопасности, норм технологического режима, указанных в регламенте.

При работе возможны следующие аварийные ситуации:

- прекращение подачи оборотной воды;
- прекращение подачи пара;
- прекращение подачи воздуха КИПиА;
- прекращение подачи рассола
- отключение электроэнергии;
- прекращение подачи азота;
- прорыве горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей (горячих и холодных), взрыв, пожар;

- прорыв углеводородов, топливного газа, загазованность территории, пожар;
- прекращение приема химзагрязненных стоков;
- проскок углеводородов с водой, подаваемой из куба колонны № 140 в ХЗК;
- прекращение подачи сырья;
- выброс газообразных или жидких углеводородов;
- разрыв змеевика печи 8/3;
- прекращение подачи топливного газа на печи 8/1-4;
- выброс из факельного ствола жидких углеводородов;
- пожар.

На исследуемом объекте защиты установлены лафетные ствол, которые предназначены для тушения и локализации очагов пожара в радиусе 50 метров за счёт ручного маневрирования водяной струей в горизонтальной и в вертикальной плоскости.

Во втором разделе определено, что в настоящее время разрабатывается широкий спектр пожарных роботов с использованием обычных микроконтроллеров. Однако это только прототипы, и они могут быть изменены. Для этого есть много причин, некоторые из которых включают высокую стоимость, недостаточную эффективность, из-за трудноуловимых пожаров и т.д. Работа в рамках этого исследования включает в себя решение вышеуказанных трудностей и создание описания прототипа, который был бы почти эквивалентен функционированию в режиме реального времени.

Пожарный робот – это независимое наземное транспортное средство, способное ощущать присутствие огня и тушить возникающий пожар. Автоматическая система огнетушения со встроенными датчиками и защитой для оптимизации эффективности пожаротушения. Надлежащее использование робота обеспечит проведение учений по тушению пожара и восстановлению без риска для жизни пожарных, используя робототехнику в качестве альтернативного выбора человека. Представлена конструкция и реализация

робота-огнетушителя, в котором используются три типа датчиков пожара, таких как датчик пламени, датчик дыма и датчик температуры, для повышения надежности обнаружения пожара. Несколько систем управления управляют роботом, чтобы он мог более эффективно тушить пожар.

Ранее роботы-пожарные управлялись с помощью различных электронных устройств, и эти устройства предлагали огромный простор для работы. Но благодаря передовым технологиям мы можем визуализировать того же робота с помощью приложения для Android для управления поведением робота. С помощью таких роботов пожарные могут снизить опасность своей работы, а движения роботов становятся более эффективными.

Концепция робота определяет машину, которая может быть сконфигурирована так, чтобы подчиняться правилам и реагировать на внешние стимулы. Эти роботы особенно эффективны в отраслях промышленности, где повышен риск возгорания или взрыва.

Предлагаемое транспортное средство способно автоматически определять наличие пожара и тушить его с помощью датчиков. Для управления движением робота требуются редукторные двигатели и привод двигателя. Схема реле используется для контроля работы насоса, и при обнаружении пожара она взаимодействует с микроконтроллером (Arduino UNO R3) через модуль Bluetooth. Предлагаемый робот оснащен водоструйным распылителем, способным разбрызгивать воду или подавать пену. Интерфейс arduino Android обнаруживает препятствия с помощью ультразвуковых датчиков на расстоянии до 80 м. Связь между мобильным телефоном и роботом будет осуществляться через Bluetooth, который будет иметь графический интерфейс для мониторинга движения робота.

В третьем разделе установлено, что робот-пожарный может быть изготовлен из доступных материалов, и были проведены некоторые тесты, чтобы оценить его эффективность в различных ситуациях.

Поскольку робот-пожарный должен выдерживать различные ситуации, этот тест эффективности поможет нам создать лучшую модель.

Противопожарный робот достаточно эффективен для борьбы с огнем в небольших масштабах. Он может лучше ощущать пламя в темных местах. Поскольку он может мгновенно обнаруживать пожар и тушить его до распространения. Этот мультисенсорный робот может стать решением по обеспечению пожарной безопасности процесса производства изопрена.

При достаточном финансировании и масштабах применения робот такой конструкции также может бороться с крупными пожарами с большей резервируемостью, а усовершенствованный датчик обнаружения пожара может обеспечить даже более раннее обнаружение пожара при любых обстоятельствах.

Можно установить больше датчиков для повышения производительности, а также сократить время реакции при обнаружении источника пожара.

С добавлением камеры 360° мы можем обеспечить большое поле зрения. Резервуар может быть заменен водопроводом для тушения более крупного источника огня.

Цветовое распознавание огня не очень надежно. Следовательно, вместо USB-камеры можно установить тепловизионную камеру для лучшего обнаружения источника огня в зависимости от интенсивности.

В заключение, автоматический робот-огнетушитель, использующий IoT, является многообещающей технологией, которая может помочь предотвратить пожары и защитить жизни и имущество.

Используя датчики Интернета вещей и возможности подключения, такой робот может обнаруживать пожары на ранней стадии, перемещаться к месту пожара и тушить его автономно.

Некоторые потенциальные преимущества этой технологии включают более быстрое время реагирования, уменьшение ущерба имуществу и повышение безопасности людей, находящихся вблизи очага пожара. Кроме того, роботы-огнетушители с поддержкой Интернета вещей могут использоваться в различных условиях, таких как дома, офисы и фабрики, для

предотвращения пожаров до того, как они выйдут из-под контроля. Однако при внедрении этой технологии также возникают некоторые проблемы, такие как обеспечение надежности и безопасности робота, интеграция его с существующими системами пожарной безопасности и управление данными и подключением, необходимыми для функционирования Интернета вещей.

Разработанная система смогла успешно выполнить тестовые сценарии. Подача сигнала пожарной сигнализации, а также навигация к соответствующим помещениям прошли без ошибок.

Алгоритм обнаружения пожара надежно обнаружил возгорания. Благодаря точной локализации и правильному расчету траектории процесс тушения всегда проходил успешно. Кроме того, связь и координация между системами работали безупречно. Процесс тушения начался, когда робот остановился, и робот начал обратный путь на исходную позицию после сообщения об успешном тушении. Испытания были успешно повторены несколько раз на разных установках. Система, описанная в этом разделе, показывает, что автономная мобильная роботизированная платформа является полезным дополнением к установленным системам пожаротушения. Представленный автономный робот позволяет успешно обнаруживать локальные и более мелкие пожары и тушить их.

Интегральный экономический эффект от использования робота обнаружения и тушения пожаров в ООО «Тольяттикаучук» за десять лет составит 17252363,07 рублей.

Список используемых источников

1. Вогман Л. П. Основные подходы к оценке уровня пожарной опасности производственных объектов // Пожаровзрывобезопасность. 2004. №2. С. 23-30. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-podhody-k-otsenke-urovnya-pozharnoy-opasnosti-proizvodstvennyh-obektov> (дата обращения: 21.04.2024).
2. Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] : СП 52.13330.2016. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197?ysclid=lw20gio6gh784360969> (дата обращения: 17.03.2024).
3. Королев Д. С., Калач А. В., Зенин А. Ю. Важность принятия решений при обеспечении пожарной безопасности // Современные проблемы гражданской защиты. 2015. №2 (15). С. 42-46. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vazhnost-prinyatiya-resheniy-pri-obespechenii-pozharnoy-bezopasnosti> (дата обращения: 21.04.2024).
4. О безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 28.12.2010 № 390-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=375318&ysclid=lw20effbvo3679732> (дата обращения: 15.02.2024).
5. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=458066&ysclid=lw20hqr7k260392409> (дата обращения: 05.03.2024).
6. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 № 794. URL: <https://base.garant.ru/186620/?ysclid=ld8lsnhwip819330648> (дата обращения: 27.08.2023).

7. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/7351> (дата обращения: 26.06.2023).

8. О техническом регулировании [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=410948&ysclid=1oeq4u1ua7910464668> (дата обращения: 26.06.2023).

9. Об установлении правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=443384> (дата обращения: 15.02.2024).

10. Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] : Приказ Росстандарта от 13.02.2023 № 318. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300818909?marker=6540IN> (дата обращения: 26.06.2023).

11. Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Электронный ресурс] : Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 02.04.2020 № 687. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564577621?marker=6540IN> (дата обращения: 26.06.2023).

12. Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований

Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 28.05.2021 № 815. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=431978> (дата обращения: 26.06.2023).

13. Об утверждении перечня национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и осуществления оценки соответствия [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 10.03.2009 № 304-р. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=422712&ysclid=1oery0ka2o768140219> (дата обращения: 26.06.2023).

14. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: СП 12.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 05.03.2024).

15. 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: 10.03.2024).

16. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс] : СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 10.03.2024).

17. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 02.12.2022).

18. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL:

<https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 17.02.2024).

19. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 484.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 17.03.2024).

20. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 485.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280?ysclid=l6kc9vem4v317416032> (дата обращения: 18.03.2024).

21. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : СП 1.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 17.11.2022).

22. Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации [Электронный ресурс] : СП 9.13130.2009. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071153> (дата обращения: 11.02.2024).

23. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902192610?ysclid=loeq60srhj141934193> (дата обращения: 26.06.2023).

24. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444219&ysclid=loeq5ffe72430057661> (дата обращения: 26.06.2023).

25. Фрезе Т.Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» : электронное учебно-методическое пособие / Т.Ю. Фрезе. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2022. 1 оптический диск. ISBN 978-5-

8259-1456-5 (дата обращения: 17.04.2024).

26. Ahmad I., Qayyum A., Gupta B. B., Alassafi M. O., AlGhamdi R. A. Ensemble of 2D Residual Neural Networks Integrated with Atrous Spatial Pyramid Pooling Module for Myocardium Segmentation of Left Ventricle Cardiac MRI // Mathematics. 2022. №10(4). P. 627.

27. Aydin B, Selvi E, Tao J, Starek M. J. Use of Fire-Extinguishing Balls for a Conceptual System of Drone-Assisted Wildfire Fighting // Drones. 2019 Mar. №3(1). P. 17–21.

28. Chen X. J., Dong F, A fire detecting method for video-based fire detector // Advanced Materials Research. 2014. №5. P. 537–540.

29. Fire Grenades: History and collectability [Internet]. Antique Trader. 2020 [cited 9 June 2019]. Available from: <https://www.antiquetrader.com/glass/fire-grenades-history-and-collectability> (дата обращения: 21.11.2023).

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

31. Ingh R., Singh S. K., Kumar S., Gill S. S. SDN-Aided Edge Computing-Enabled AI for IoT and Smart Cities. In SDN-Supported Edge-Cloud Interplay for Next Generation Internet of Things // Chapman and Hall/CRC. 2022. P. 41–70.

32. Mishra A., Hsu, C. H., Arya, V., Chaurasia P., Li P. A Hybrid Approach for Protection Against Rumours in a IoT Enabled Smart City Environment. In International Conference on Cyber Security. Privacy and Networking // Cham: Springer International Publishing. (ICSPN 2022). P. 101–109.

33. Security Koorsen. Cartridge-Operated vs. Stored Pressure Fire Extinguishers [Internet]. Blog.koorsen.com. 2020 [cited 9 June 2020]. Available from: <https://blog.koorsen.com/cartridge-operated-vs.-stored-pressure-fire-extinguishers> (дата обращения: 21.11.2023).

34. Yu C.Y., Fang J., Wang J. J., Zhang Y. M. Video fire smoke detection using motion and color features // Fire Technology Journal. 2020. №46. P. 651–663.

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