

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 / специальности)

Управление пожарной безопасностью
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Применение огнепреграждающих устройств в оборудовании

Обучающийся

И.А. Матвеева

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. А.В. Краснов

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	8
Перечень сокращений и обозначений.....	9
1 Исследование современных огнепреграждающих устройств в оборудовании	10
1.1 Исследование конструктивных особенностей и технических характеристик современных огнепреграждающих устройств	10
1.2 Анализ возможностей повышения эффективности огнепреграждающих устройств.....	25
2 Разработка концепций огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств	37
2.1 Анализ технических требований, предъявляемых к огнепреграждающим устройствам производственного оборудования машиностроительных производств	37
2.2 Исследование и разработка концепций огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств	45
3 Анализ эффективности применения огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств.....	58
3.1 Методика оценки технико-экономической эффективности применения огнепреграждающих устройств	58
3.2 Анализ и оценка эффективности разработанных концепций огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств.....	62
Заключение	69
Список используемых источников.....	72

Введение

Пожарная безопасность зданий и сооружений на сегодняшний день представляет большой интерес для рассмотрения вследствие того, что высока вероятность возникновения пожаров и необратимых его последствий. В связи с быстрым ростом рыночной экономики появляется большое количество объектов производственных и досуговых. Между тем, необходимо обеспечивать пожарную безопасность на территории каждого из них, эта ответственность всецело лежит на собственнике и руководителе объекта.

Пожары на объектах промышленных предприятий могут возникать при нарушении технологического процесса, зачастую это также нарушение ПБ при проведении огневых работ. Обеспечение пожарной безопасности на таких объектах очень важно для сохранения здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Развитие техносферного пространства, в том числе, среди промышленных предприятий заставляет задуматься о совершенствовании системы обеспечения ПБ этих объектов. Здесь важны все аспекты деятельности предприятия, начиная от проектирования производственной площадки, строительства согласно нормам и требованиям ПБ, а также обеспечения безопасности и недопущения нарушений в процессе запущенного технологического процесса.

Актуальность и научная значимость настоящего исследования заключается в:

- детальном изучении применения огнепреградителей, поскольку они позволяют предотвратить распространение пламени и горящих частиц;
- необходимости применения огнепреградителей, поскольку технологическая цепочка в случае возникновения взрыва, разгерметизации или другой аварийной ситуации может доставить взрывную волну и огонь в любую точку производства;

- рассмотрении устройств огнепреграждения для пожаровзрывобезопасного ведения технологического процесса.

Объект исследования: система противопожарной защиты производственного объекта.

Предмет исследования: огнепреграждающие устройства.

Цель исследования: повышение эффективности работы огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств.

Гипотеза исследования состоит в том, что повышение пожарной безопасности будет обеспечено при обоснованной замене огнепреграждающих устройств, если:

- исследованы современные огнепреграждающие устройства в оборудовании;
- исследованы и разработаны концепции огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств;
- проанализирована эффективность применения огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать современные огнепреграждающие устройства в оборудовании;
- разработать концепции огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств;
- проанализировать эффективность применения огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: федеральные законы, национальные стандарты РФ и другие нормативные документы относительно требований пожарной безопасности, учебные пособия по пожарной профилактике и тактике тушения пожаров, техническая документация устройств огнепреграждения, научные статьи, диссертации и патенты по теме исследования устройств огнепреграждения, научные труды иностранных авторов по теме исследования.

Базовыми для настоящего исследования явились также: техническая документация объекта (объемно-планировочные решения, схемы и планы здания, план тушения пожара объекта), основные фактические данные энциклопедий и википедии по теме устройств огнепреграждения.

Методы исследования: теоретический, аналитический, расчетный, эмпирический, «дерево событий», библиографический, метод сравнения, метод синтеза, «галстук-бабочка», SWOT-анализ.

Опытно-экспериментальная база исследования АО «Завод им. А.М. Тарасова».

Научная новизна исследования заключается в:

- установлении закономерности грамотного использования устройств огнепреграждения в тех местах, где это действительно необходимо;
- разработке новой методологии выбора конструктивных особенностей и технических характеристик современных огнепреграждающих устройств, применяемых в составе производственного оборудования.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- определении особенностей применения огнепреградителей на различных производственных объектах;
- исследовании и разработке концепций огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств;

- уточнении достоинств и недостатков современных огнепреградителей.

Практическая значимость исследования заключается в:

- предложении выбранных огнепреградителей на производственном объекте АО «Завод им. А.М. Тарасова»;
- использовании разработанного материала как исходные данные для научных работ подобной тематики;
- разработке схем и алгоритмов «галстук-бабочка», SWOT-анализ.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- прямом цитировании первоисточников списка используемой литературы;
- подробном анализе и сопоставлении разработанных данных с ранее выполненными «аналогами»;
- повторном проведении алгоритма выбора огнепреградителей на основании различных методов исследования, приведенных выше.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях:

Матвеева И.А. Применение огнепреграждающих устройств в оборудовании. Актуальные вопросы современной науки и образования», 25.07.2024. г. Пенза.

На защиту выносятся:

- выявленные особенности огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств;
- разработанные схемы и алгоритмов «галстук-бабочка», SWOT-анализ;

- проведенный анализ эффективности применения огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 7 рисунков, 6 таблиц, список использованной литературы (42 источника). Основной текст работы изложен на 75 страницах.

Термины и определения

«Безопасный диаметр канала пламегасящего элемента – конструктивный диаметр канала пламегасящего элемента, выбранный с учетом коэффициента безопасности» [3].

«Время сохранения работоспособности при воздействии пламени – время, в течение которого огнепреградитель (искрогаситель) способен сохранять работоспособность при разогреве стабилизированным пламенем на пламегасящем элементе при горении газопаровоздушной смеси, проходящей через огнепреградитель (искрогаситель)» [3].

«Искрогаситель сухого типа – устройство, устанавливаемое на выхлопных коллекторах различных транспортных средств, силовых агрегатов и обеспечивающее улавливание и тушение искр в продуктах горения, образующихся при работе топок и двигателей внутреннего сгорания» [3].

«Корпус огнепреградителя – элемент конструкции огнепреградителя, обеспечивающий размещение пламегасящего элемента и механическое сопряжение с внешними устройствами» [3].

«Критический диаметр пламегасящего элемента – минимальный диаметр канала пламегасящего элемента, через который может распространяться пламя стационарной парогазовой смеси» [3].

«Огнепреградитель сухого типа – устройство, устанавливаемое на пожароопасном технологическом аппарате или трубопроводе, свободно пропускающее поток газопаровоздушной смеси или жидкости через пламегасящий элемент и способствующее локализации пламени» [3].

«Пламегасящий элемент огнепреградителя – элемент конструкции огнепреградителя, прямым назначением которого является предотвращение распространения пламени» [3].

Перечень сокращений и обозначений

АПС – автоматическая система пожарной сигнализации

АСР – аварийно-спасательные работы

АУПТ – автоматическая система пожаротушения

ГЖ – горючая жидкость

ГПС – государственная противопожарная служба

ГСМ – горюче-смазочный материал

ДТ – дизельное топливо

КАТЭК – Куйбышевский завод автотракторного электрооборудования
и карбюраторов

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской
обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий
стихийных бедствий

ОФП – опасные факторы пожара

ПБ – пожарная безопасность

ТБ – техника безопасности

ЧС – чрезвычайная ситуация

1 Исследование современных огнепреграждающих устройств в оборудовании

1.1 Исследование конструктивных особенностей и технических характеристик современных огнепреграждающих устройств, применяемых в составе производственного оборудования

Огнепреграждающие устройства как неотъемлемый элемент в системе обеспечения пожарной безопасности значительно способны снизить риск возникновения пожароопасных ситуаций [6].

«Огнепреградители, пламяпреградители и огневые предохранители применяются в качестве противопожарного оборудования на резервуарах для хранения взрывоопасных жидкостей. Данные элементы является первой ступенью противопожарной безопасности, которые способствуют защите резервуаров и хранимого продукта от взрыва и пожара. Основное назначение огнепреградителей различного типа – это предотвращение попадания искры или пламени в газовое пространство емкости и возникновения пожароопасных ситуаций. Работа огнепреграждающих элементов основана на поглощении тепла от искры или пламени. Пористый материал не пропускает (фильтрует) раскаленные частицы (искры). Пористый материал уменьшает тепловую энергию искры или пламени ниже температуры воспламенения или возгорания хранимой жидкости. При этом не создается препятствий для движения газа при наполнении и сливе рабочей жидкости из емкости. Следует помнить, что огнепреградители устанавливаются на объекты повышенной опасности, и, соответственно, подлежат регистрации и аттестации в Ростехнадзоре» [24].

Огнепреграждающие устройства устроены таким образом, что горящая смесь, попадая в огнепреградитель, рассеивается или разбивается на отдельные струйки, происходят гашение пламени и снижение температуры. Горение прекращается согласно физическим законам. Классифицируют

огнепреградители по типу гасящего элемента (например, сетка, кассета, пористые или гранулированные материалы), месту установки (концевой, встроенный или, например, резервуарного типа) и по времени сохранения работоспособности (по классам: 1 свыше одного часа, 2 до одного часа).

«Стандартное конструктивное решение для огнепреградителей – использование гофрированных и проволочных металлических материалов (меди, алюминия), а также фольги. Применение пористого алюминия позволит упростить конечное изделие, уменьшить количество деталей и, соответственно, конечную цену изделия» [24].

Рассмотрим достоинства современных огнепреграждающих устройств:

- широкий спектр возможности применения по объектам пожара (жилые дома, производственные объекты и прочее);
- невысокая стоимость устройств огнепреграждения вместе с этим высокий КПД работы таких средств в системе противопожарной защиты;
- простота в использовании и эксплуатации;
- долгий срок эксплуатации, свыше 8-10 лет;
- простое обслуживание в проведении регламентных работ по ремонту и ТО;
- безопасность использования;
- возможность применения для любых рабочих веществ (газ, технологическая жидкость).

«После очистки или промывки фильтра и замены мембраны пламягаситель может использоваться повторно» [23].

Будем рассматривать производственный объект АО «Завод им. А.М. Тарасова», который расположен в Промышленном районе г. Самары, между автомагистралями Московское Шоссе и улицей Ново-Садовой. Площадь территории 34,93 Га.

На рисунке 1 приведено изображение технологического оборудования АО «Завод им. А.М. Тарасова».



Рисунок 1 – Изображение электрооборудования и запчастей АО «Завод им. А.М. Тарасова»

АО «Завод им. А.М. Тарасова» лидирует в сфере производства генераторов, стартеров, вентиляторов и запчастей к автомобилям, тракторам и другой технике. И в этом историческая миссия компании – наследницы славных трудовых традиций Завода автотракторного электрооборудования и карбюраторов, в народе больше известного как КАТЭК.

«Согласно первому пятилетнему плану, необходимо было создать в СССР автомобильную промышленность. В Нижнем Новгороде должно было развернуться производство грузовых автомобилей, а в Самаре было решено разместить завод по изготовлению карбюраторов и других деталей для этого производства. Завод был спроектирован государственным институтом «Гипроавтопром»» [1].

На рисунке 2 приведено изображение технологического оборудования АО «Завод им. А.М. Тарасова».



Рисунок 2 – Изображение карбюраторно-арматурной продукции АО «Завод им. А.М. Тарасова»

В 1934 году предприятие было построено, направление деятельности было как производство карбюраторно-арматурной продукции. Далее в начале октября этого же года был осуществлен первый выпуск готовой продукции, также ведущий инженер предприятия Александр Тарасов разработал дизельный насос и представил свою разработку на международном конкурсе в Москве. Это насос был признан среди аналогов и прототипов лучшим. Спустя 4 года был расширен ассортимент выпускаемой продукции (началось производство и выпуск свеч зажигания).

«Завод имени А. М. Тарасова – машиностроительное предприятие в городе Самаре, производитель электрооборудования и запчастей для автомобилей и тракторов. Прежние названия: с 1934 года – Куйбышевский

карбюраторно-арматурный завод (ККАЗ), с 1942 года – Куйбышевский завод автотракторного электрооборудования и карбюраторов, с 1975 года – Куйбышевский завод автотракторного электрооборудования имени А. М. Тарасова (КЗАТЭ имени А. М. Тарасова)» [1].

«В 1950-х завод выпускал электрооборудование и карбюраторы для автомобилей ГАЗ-51, ЗИС-150, ГАЗ-М20 «Победа». С 1955 года на заводе стали выпускать только пять изделий: генераторы, стартеры, династартеры, магнето, свечи. В 1967 году правительство СССР приняло решение сделать завод основным поставщиком ВАЗа, для этого в 1970 году была начата реконструкция производства. 25 июня 1975 года заводу присвоено имя Александра Тарасова. В 1984 году завод награжден орденом Трудового Красного Знамени. В сентябре 1990 года на базе завода было создано Куйбышевское производственное объединение «Автотракторэлектрооборудование», в июне 1993 завод стал акционерным обществом. В 2001 году ОАО «ЗиТ» вошел в состав Группы компаний «ТадеМ». В 2016 году ОАО «Завод имени А. М. Тарасова» сменило форму собственности на Публичное акционерное общество. В сентябре-ноябре 2020 года в АО «Автоваз» были проведены испытания генераторов нескольких производителей, по результатам серии испытаний генераторы торговой марки «КЗАТЭ» признаны полностью соответствующими стандартам качества» [1].

Технологический процесс производства изделий включает в себя следующие этапы жизненного цикла продукции.

Литье под давлением, осуществляемое на автоматизированных комплексах мод. DC280C и термопластавтоматах Siger-90, Siger-160.

Механообработка крышек стартеров, генераторов, осуществляемую на вертикально-фрезерных обрабатывающих центрах HAAS DT-2, Hyundai WIA i-CUT 400TD. Имеются два обрабатывающих центра HAAS DT-2 и HAAS VF2SSYT в соответствии с планом модернизации оборудования и для улучшения качества продукции.

На рисунке 3 приведено изображение технологического оборудования АО «Завод им. А.М. Тарасова».



Рисунок 3 – Изображение технологического оборудования генераторов и стартеров АО «Завод им. А.М. Тарасова»

В рамках технологического процесса АО «Завод им. А.М. Тарасова» производится намотка катушек возбуждения, статоров, катушек реле на автоматических станках DMG(Италия), MTL-2150(Китай). Также производят сборку генераторов и стартеров. Проверку качества эти изделия и детали проходят многоступенчатый контроль на выявление ошибок и несоответствий. Таким образом, компания старается поддержать качество изготавливаемой продукции. Исходным заводом-изготовителем рассматриваемого объекта был автотракторный завод электрооборудования и карбюраторов [1].

«Сегодня «ЗиТ» – один из крупнейших производителей автотракторного электрооборудования и запчастей для автомобильных, моторостроительных и тракторных заводов. Предприятие является основным

поставщиком электрооборудования практически на все отечественные автомобильные конвейеры. Генераторы и стартеры под торговой маркой «КЗАТЭ» используются в автомобилях таких известных брендов, как «АвтоВАЗ», General Motors, ГК «ГАЗ», «КамАЗ», «УАЗ», «ПАЗ», «МАЗ», «УралАЗ», «ЗМЗ» и многих других» [12].

Продукция, производимая на рассматриваемом объекте, отвечает требованиям регламента технологического процесса, а также требованиям и нормам промышленной безопасности и экологичности.

«Продукция завода экспортируется во многие страны мира. Бренд «КЗАТЭ» известен в Европе, Азии и Америке. Качество поставляемых предприятием товаров было неоднократно отмечено многими престижными международными наградами. ПАО «Завод им. А.М. Тарасова» — надежный партнер, стремящийся наладить с потребителем длительное сотрудничество, основанное на взаимовыгодных условиях» [12].

В цехах находится аппаратура под высоким напряжением.

На территории завода расположены корпус №1, №2, корпус №3 «ХАРД» (15 баллонов с аргоном), корпус №4, инженерный корпус, складские корпуса, гаражи, котельная и ГРП, корпус очистных сооружений, подстанция и ГПП ОРУ, центральный распределительный пункт.

«Огнепреградители сухого типа могут иметь разборную или неразборную конструкцию, прямоточное или угловое исполнение. Разборной вариант более удобен в плане обслуживания» [31].

«В состав ОП входит корпус, для его изготовления используются — чугун, сталь, алюминиевые сплавы. Основная часть — огнепреграждающий элемент, выполненный в виде кассеты из гофрированных или плоских пластин, закрепленных на стержне, пластины (ленты), изготовленные из алюминиевых сплавов, образуют каналы с маленькой площадью сечения, элементы для крепления устройства на трубопроводе или емкости» [31].

«Наиболее популярна фланцевая защитная арматура. Фланцы присоединяются к ответным фланцам на трубопроводах и корпусах

оборудования с помощью болтов и гаек, через прокладки из огнестойких материалов. Огнепреградители с малым диаметром условного прохода (Ду40) обычно имеют резьбовое присоединение, удобное при монтаже/демонтаже. ОП могут располагаться автономно или входить в состав совмещенных дыхательных клапанов» [31].

Продукция, производимая на рассматриваемом объекте, отвечает требованиям регламента технологического процесса, а также требованиям и нормам промышленной безопасности и экологичности.

«Качество поставляемых предприятием товаров было неоднократно отмечено многими престижными международными наградами. ПАО «Завод им. А.М. Тарасова» [12].

В процессе исследования конструктивных особенностей и технических характеристик современных огнепреграждающих устройств, применяемых в составе производственного оборудования, выделим и конкретизируем особенности в работе машиностроительного предприятия:

- высокая производительность и функциональность (большое количество циклов и стадий – много стадийность, большое количество выпускаемой продукции – большое количество номенклатурных единиц производственного процесса, деталей);
- обеспечение бесперебойной работы (круглосуточный режим работы, следовательно повышенное внимание со стороны высококвалифицированных ИТР за обеспечением безопасности);
- для каждого элемента системы (помещение, цех, участок, производственная линия) предусматривается своя система безопасности (это и аварийная система остановки технологического оборудования и отсоединения от электротехнической системы, и система противопожарной защиты);
- основными технологическими процессами являются подготовка производства, МТО, изготовление деталей, узлов и механизмов,

сборка, испытание, измерение рабочих параметров среды, управление режимом окраски, консервации;

- длительность цикла изготовления продукции;
- широкое развитие производственной связи (интеграция различных процессов в единый комплекс);
- стремление к оптимизации работы (контроль и мониторинг по системным расчетам улучшения технологического процесса осуществляют электроэнергетические и диспетчерские службы объекта).

Далее, на основании полученных данных по особенностям работы машиностроительного предприятия, сформируем исходные данные для возможностей повышения эффективности огнепреграждающих устройств.

Оптимальный режим работы производственного оборудования и безопасной работы технологического процесса достигается путем проведения или поддержания следующих мероприятий:

- поддержание режима минимальной рабочей температуры;
- повышение коэффициента загрузки (отношение фактической производительности к проектной производительности);
- устройство резервных элементов и деталей проточной части, контроль по изменению частоты вращения роторов и коленчатых валов, контроль и управление по снижению или увеличению количества работающих агрегатов, а также схемы включения для оптимизации работы компрессоров;
- проработка мер по предупреждению эрозионного износа (коррозия защитного оксидного слоя под воздействием) оборудования путем обеспечения оптимального температурного режима, также смазки уплотнительными технологическими жидкостями или путем подачи циклового воздуха (который также применяется для защиты от абразивного износа);

- уменьшение расхода ГСМ путем точных расчетов квалифицированным персоналом по применению в технологическом цикле для того или иного аппарата (с учетом технических рабочих параметров по паспорту оборудования).

Таким образом, основными особенностями современных огнепреграждающих устройств, применяемых в составе производственного оборудования, являются:

- область применения огнепреградителей – объекты химической, нефтяной промышленности, предприятия по транспортировке и хранению газа, машиностроительные производственные объекты (собственно та категория, которую будем мы и рассматривать в диссертационном исследовании);
- конкретно огнепреградители применяют в трубопроводах, технологическом оборудовании проводного исполнения, вентиляционных каналах, дыхательных линиях емкостей ЛВЖ, ГЖ, трубопроводах факельных установок, трубопроводах налива нефтепродуктов, стравливающих установках, линиях газовой обвязки, любых участках трубопроводных систем;
- близкие к устройствам огнепреграждения по своему конструктивному исполнению и функциональному значению являются искрогасители;
- огнепреградители различаются диаметром условного прохода (от 40 до 500 мм), конструкции, внешнему виду, способу монтажа, типу гасящего элемента, времени сохранения работоспособности;
- конструктивно огнепреградители выполняются в виде алюминиевого или стального сплава с наличием огнегасящего элемента – сетки, кассеты или насадки с пористых материалов, присоединительных элементов – штуцеров;

- устройство огнепреградителей допускается только с наличием на них специальных сертификатов (обязательное проведение цикла испытаний);
- обязательные требования для допуска огнепреградителя к применению, это герметичность корпуса, гашение пламени, соответствие технических параметров паспорту завода-изготовителя, температуры поверхности корпуса и время работоспособности при действии огня.

Технические параметры огнепреградителей:

- диаметр условного прохода;
- пропускная способность теплового потока;
- габаритные размеры;
- присоединительные размеры;
- масса.

Используемые огнепреградители на предприятии:

Конкретно на предприятии применяются в трубопроводах, технологическом оборудовании проводного исполнения (12 шт.), вентиляционных каналах (9 шт. – огнепреградитель сетчатый, ОП-100), дыхательных линиях емкостей ЛВЖ (15 шт.).

Далее проанализируем требования пожарной безопасности для машиностроительных производств и конкретизируем их для рассматриваемого предприятия:

- к работе по обслуживанию установки (ремонт техническое обслуживание, работы по реновации или реконструкции) допускаются лица, не моложе 18 лет с имеющимся техническим образованием, которые прошли соответствующую подготовку на данном предприятии и имеют удостоверение о прошедшей

подготовке (удостоверение выдается только при получении положительной оценки при сдаче зачета);

- перед вводом в эксплуатацию необходимо проверять наличие и исправность установок аварийной защиты и блокировки, а также пожарной сигнализации и АУПТ (если установка попадает под критерий пожарной опасности);
- установки аварийной защиты и блокировки, а также пожарной сигнализации и АУПТ необходимо проверять не реже 1 раза в неделю;
- необходимо предусматривать в здании или помещениях установку вытяжной вентиляции (не приточно-вытяжной, эти устройства должны работать автономно друг от друга), при условии ошибок в работе вентиляционных систем работу следует останавливать;
- для того, чтобы избежать попадания горючих веществ (горючее вещество, попадая в производственную зону способствует образованию так называемого треугольника пожара «источник зажигания–горючее вещество–окислитель») на пол производственного помещения необходимо заранее предусматривать такие устройства;
- работа и технологический процесс должны производиться с учетом очистки воздуха (при его заборе) от посторонних примесей (посторонние газы, мелкодисперсная пыль) посредством установки фильтров;
- в рабочей зоне, а также производственном помещении необходимо соблюдать чистоту и порядок, конкретно для предотвращения самовозгорания, оборудование турбин и компрессоров необходимо промывать только разрешенными растворами (например, это может быть, 5%-ный раствор каустической соды – сильнодействующая щелочь, способная разъедать органические соединения, применяют

в промышленности) с применением маски, перчаток и специальной одежды;

- не допускается проектирование воздуховода рядом с источниками открытого огня, сильно нагретыми элементами или предметами (температура которых выше 75 °С);
- в помещениях компрессорной станции категорически запрещается хранить ЛВЖ, ГЖ, ГСМ;
- применение ГСМ (бензин, керосин, ДТ) для промывки деталей категорически запрещается;
- повышение уровня подготовленности и квалификации инженерно-технического персонала (зачастую ошибки в работе систем происходят по этой причине);
- разработка мер по повышению уровня технологической дисциплины (так называемый «русский авось», имеет место человеческий фактор);
- повышение степени аварийности производства (сложности технологического процесса, который также зависит от факторов производственной среды, начиная со стадии проектирования) [26];
- повышение уровня правовой обеспеченности деятельности;
- смазочные материалы допускается хранить на территории, но в специально оборудованном металлическом шкафу с наличием соответствующей надписи в количестве для суточной работы, не более того;
- работа оборудования должна производиться только под присмотром технического персонала.

В таблице 1 разработанный шаблон «SWOT-анализа» по анализируемой ситуации применения огнепреградителя (современный, коммуникационный огнепреградитель типа DR/ES-V углового исполнения).

Таблица 1 – Разработанный шаблон «SWOT-анализа» по анализируемой ситуации применения огнепреградителя (современный, коммуникационный огнепреградитель типа DR/ES-V углового исполнения)

Сильные стороны	Слабости
Силы локализация пламени без остановки технологического процесса; повышение пожар взрывобезопасности предприятия; относительная недорогая стоимость устройства по сравнению с другими средствами противопожарной защиты; простота исполнения; уменьшение потери продукта и загрязнения окружающей среды; широкий спектр применения в производственной среде; срок эксплуатации не ограничен; быстрый демонтаж и проведение ТО.	Слабости одностороннее действие (при движении пламени обратно огнепреградитель может разрушиться из-за высокой тепловой проходимости); необходим точный расчет технических параметров по выбору огнепреградителя; возможно действие коррозии; ограниченное время действия; газодинамическое сопротивление; иногда низкая пропускная способность отсутствие теплоотвода.
Возможности	Угрозы
Возможности появление на рынке усовершенствованных высокотехнологичных огнепреградителей с повышенными характеристиками; активная конкуренция образцов прототипов, в связи с этим высокое качество; в связи с импортозамещением выход российской продукции на массовое производство; работы по реинжинирингу.	Угрозы в связи с импортозамещением выход российской продукции на массовое производство, в связи с этим выход на конкурентоспособность с импортными огнепреградителями; слабые стороны – недостаточное внимание к этим техническим иногда низкая пропускная способность отсутствие теплоотвода; устройствам со стороны инженерно-технического персонала.

Таким образом, при исследовании конструктивных особенностей и технических характеристик современных огнепреграждающих устройств, применяемых в составе производственного оборудования, сделаны следующие выводы:

- наблюдается высокая эффективность применения огнепреградителей на производственных объектах, но также есть данные о том, что данные технические устройства не срабатывали и не обеспечивали локализацию пожара [9];
- эффективность применения огнепреградителей зависит не только от конструктивного исполнения этих частей, но и от грамотного целесообразного расположения и размещения, что зависит от выбора инженерно-технического персонала;
- сравнительно недавно, только в 2009 году вышел официальный нормативно-правовой документ (справочник требований и технических условий) [9];
- основной параметр пламегасящей способности – это критический диаметр каналов огнепреградителей;
- технические испытания устройств огнепреграждения показали, что для выбора огнепреградителей, основными критериями является пламегасящая способность, а также способность сопротивляться внешнему потоку (технологической жидкости или газа);
- наибольшее предпочтение отдается огнепреградителям с минимальной длиной пламегасящих каналов;
- малая освещенность и осведомленность свойств огнепреградителей к сопротивлению детонационной волны, в связи с этим необходимо повышение запаса надежности;
- для каждого огнепреградителя проверка и испытание проводится не менее, чем три раза;

- в полной мере огнепреградители не могут решить проблему обеспечения длительной локализации пламени;
- одно из направлений совершенствования устройств огнепреграждения – это устройство теплообменных частей или блоков устройства огнепреградителя для интенсификации теплоотвода.

Основываясь на полученных данных по оптимальному режиму работы машиностроительных предприятий, можно сделать вывод о том, что данный комплекс мероприятий также снижает аварийность работы объекта, тем самым можно усилить безопасность и повысить эффективность работы пожарной безопасности.

1.2 Анализ возможностей повышения эффективности огнепреграждающих устройств

Рассмотрим огнепреградители с точки зрения технических устройств противопожарной защиты, выделим ряд критериев для анализа возможностей повышения их применения.

На рисунке 4 приведено устройство огнепреградителя, схема его работы.

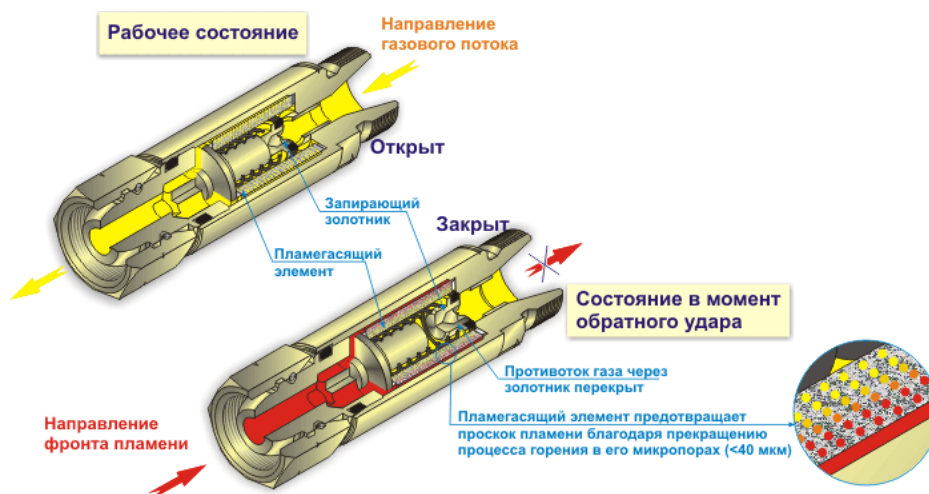


Рисунок 4 – Устройство огнепреградителя, схема его работы

Огнепреградитель – это устройство, которое предназначено для предотвращения распространения огня по трубопроводам. Он устанавливается на трубопроводах, которые транспортируют горючие и взрывоопасные вещества, такие как нефть, газ, бензин, керосин и другие [12].

«Применение – для снятия взрывного давления с гашением пламени и поглощением энергии взрыва. Испытаны и допущены для всех органических и неорганических продуктов. Там, где нет возможности, или удастся лишь со значительными затратами, вывести отводной канал за пределы здания в безопасное место, незаменимы огнепреграждающие устройства. Особенно выгодным становится их применение при модернизации имеющихся производств, когда ранее «безопасное» место для отвода потенциальных взрывов застраивается новыми объектами или путями сообщения» [13].

Далее рассмотрим виты и типы устройств огнепреграждения.

Огнепреградители могут быть различных типов и конструкций, но все они имеют общую цель – предотвратить распространение огня при возникновении пожара на трубопроводе [13]. Различают сухие и жидкостные (гидравлические затворы) огнепреградители [11].

«Сухие огнепреградители применяют для защиты трубопроводов без жидкой фазы, в которых в определенные периоды работы может образоваться горючая концентрация паров или газов с воздухом, а также для защиты линий с веществами, способными разлагаться под действием давления, температуры и других факторов» [2].

Защитное действие сухого огнепреградителя заключается в том, что гашение пламени в узком канале производится за счет увеличения показателя тепловой интенсивности по отношению с выделением тепла, когда происходит рост фронта пламени.

«Согласно нормам ПБ, ОП сухого типа называется специальное защитное устройство, устанавливаемое на пожароопасных технологических установках, трубопроводах, свободно пропускающее поток ГЖ, ЛВЖ или

паро-, газовоздушной смеси/взвеси через внутренний элемент, гасящий пламя, что приводит к локализации распространения огня [8].

«Когда скорость теплотерь по сравнению со скоростью тепловыделения достигает критической величины, то температура горения, а значит и скорость химических реакций в зоне горения, уменьшается настолько, что распространение горения (фронта пламени) по горючей смеси в узком канале становится невозможным. Именно такие условия и создаются в сухих огнепреградителях. Пламя, распространяясь по горючей смеси, входит в насадку огнепреградителя, состоящую из большого числа узких каналов, где оно разбивается на множество малых пламен, которые в узких каналах распространяться не могут» [2].

В ОУ применяют сетки или насадки, которые выполняются из металлических соединений, а также волокнистых материалов. Располагают их в корпусе ОУ. Такие сетки и насадки можно использовать для разрыва поперечного сечения в производственном оборудовании и технологическом трубопроводе [11].

«Сухие огнепреградители чаще всего защищают газовые и паровоздушные линии, в которых по условиям технологии или при нарушении нормального режима работы могут образоваться горючие концентрации (дыхательные линии резервуаров, мерников, промежуточных емкостей, напорных баков и подобных им аппаратов с ЛВЖ, а также с горючими жидкостями, нагретых до температуры вспышки и выше)» [2].

Огнепреградители сухого типа способны защитить производственные трубопроводы, технологическое вещество которых является как газообразным, так и жидкостным. Также рабочее вещество, которое может разлагаться под воздействием различных физических параметров.

«Суммарная теплоотдающая поверхность пламени при этом увеличивается. В результате так же, как и в сухих огнепреградителях, в зоне реакции создаются условия для превышения интенсивности потерь тепла над интенсивностью тепловыделения. Для парогазовоздушных линий в качестве

запирающей жидкости используют воду, а в жидкостных линиях используют транспортируемую жидкость. Для повышения эффективности огнетушащего действия жидкостных огнепреградителей высоту запирающего слоя жидкости при нормальном давлении принимают от 10 до 50 см» [2].

В жидкостных устройствах огнепреграждения пламягашение осуществляется при прохождении горячей смеси потока через слой жидкости, когда это технологическое вещество рассеивается на мелкие струйки или отдельные частицы. «Кроме них, на производствах с высокой категорией по взрывопожарной опасности применяются менее распространенные жидкостные огнепреградители (пламегасители), используемые для предотвращения/локализации распространения огня при транспортировании/хранении переработке легкогорючих газов и их смесей. Их принцип действия основан на гашении/срыве пламени при барботаже газов через слой негорючей жидкости. Существенный недостаток подобных устройств – низкая пропускная способность [9], [17]. Главное отличие огнепреградителей (пламегасителей) от противопожарных клапанов, заслонок, задвижек – это то, что с их помощью продолжается безостановочная транспортировка по трубопроводам в аппараты/установки, а также из них горючих газов, жидкостей, их смесей, в том числе с воздухом, при возникновении вспышки, появлении пламени, в ходе локализации огня; что чрезвычайно важно для нормального режима технологического процесса» [10].

Также примечательно то, что для уменьшения количества пузырьков на срезе трубопровода, предусматривается устройство специальных прорезей. Жидкостные огнепреградители, они же гидравлические затворы, используют специально при устройстве трубопроводных линий или линий производственной канализации, где возможно распространение диффузионного факела пламени [29], [32].

«Когда распространение пламени происходит в кинетическом режиме горения, то реакция идет со взрывом. Медленное же распространение

пламени по поверхности жидкости наблюдается при диффузионном режиме горения. Диаметр корпуса огнепреградителя для уменьшения гидравлического сопротивления имеет увеличенный размер по сравнению с диаметром защищаемого трубопровода. Для надежного соединения корпуса огнепреградителя с трубопроводом по обе стороны его имеются фланцы, диаметр которых соответствует диаметру защищаемого трубопровода» [2].

Один из наиболее распространенных типов огнепреградителей – это сетчатые огнепреградители [25]. Они состоят из металлической сетки, которая расположена внутри трубы. Когда вещество проходит через сетку, она задерживает частицы, которые могут стать причиной возгорания [20].

Еще один тип огнепреградителя – это огнепреградитель с керамическим покрытием. Он состоит из керамического материала, который покрыт слоем металла. При возникновении пожара, керамическое покрытие начинает плавиться и перекрывает поток вещества [25].

«Огнепреградители – вид трубопроводной арматуры, устанавливаемый на резервуарах, предназначенных для хранения нефтепродуктов, пожароопасных технологических установках и трубопроводах. Огневой предохранитель не препятствует течению рабочей среды, но предотвращает попадание в трубопровод или емкость искр и пламени через открытые патрубки и дыхательные клапаны. Использование этих устройств значительно повышает пожаро- и взрывобезопасность предприятий, связанных с нефтепродуктами и другими опасными средами» [31].

Независимо от типа огнепреградителя, он должен быть установлен на трубопроводе в соответствии с требованиями безопасности и правилами эксплуатации. Это позволит предотвратить распространение огня и сохранить жизнь и здоровье людей [14], [18].

Предотвращение распространения пламени – задача достаточно сложная, поскольку необходимо разобрать все приемы и способы прекращения горения [23], [34].

«Для того, чтобы спасти людей из горящих зданий, сооружений, проведя оперативную и безопасную эвакуацию; быстро обнаружить, локализовать, не дать распространиться пожару, ликвидировать его используется много установок, систем, входящих в комплекс активной и пассивной огнезащиты – дымоудаления/притока свежего воздуха, СОУЭ, АПС, АУПТ. Кроме того, для сдерживания огня, распространяющейся высокой температуры от очага пожара, плотных дымовых газов, вредящих здоровью людей, в пределах пожарного отсека, секции используются противопожарные перегородки, перекрытия, стены. При этом любые строительные, технологические проемы в этих преградах в обязательном порядке заполняют противопожарными дверями, шторами, люками, окнами, а неизбежные отверстия, неплотности, пазухи в местах прохождения инженерных коммуникаций различного назначения, в т.ч. из горючих материалов, на всю толщину конструкции заполняют огнезащитной штукатуркой, базальтовым материалом; а на трубопроводы из полимеров, пластика/пластмассы устанавливают противопожарные муфты, надежно препятствующие проникновению огня, дыма в другие помещения» [10].

«Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является выбранный как прототип огнепреградитель, который состоит из корпуса с входным и выходным патрубками и пламегасящей насадки. В пламегасящей насадке установлены полые вставки с жидким теплоносителем, а на корпусе огнепреградителя – расширительный бачок. Полые вставки сообщены между собой и с расширительным бачком» [1].

Все указанные недостатки повышают опасность быстрого распространения пожара по технологическим системам, оборудованным таким огнепреградителем [15].

«Наряду с этим, использованная в прототипе система полых вставок с жидким теплоносителем не может быть реализована в огнепреградителях, имеющих цельные пламегасящие элементы, состоящие, например, из рулонов, полученных намоткой на центральный стержень сложенных вместе

плоской и гофрированной лент, пакетов сеток или пластин, так как требуется их пересечение вертикальными полыми вставками и горизонтальными соединительными трубками с жидким теплоносителем, что технически затруднено» [1].

Как показывает практический опыт применения огнепреградителей в машиностроительной отрасли, за последние 15 лет проводилось достаточно много исследований и расчетов по выявлению нарушений в их работе, а также ведется активная разработка по улучшению технических характеристик ОУ. Тем не менее, ситуация осложняется тем, что необходимо создание универсального огнепреградителя, который бы подходил под параметры высокого гидравлического сопротивления и высокой износостойкости [7].

«Огнепреградитель (пламегаситель) ДУ (условным диаметром прохода от 40 до 500 мм) различается по многим техническим характеристикам, конструкции, внешнему виду, месту установки, способу монтажа, типу гасящего пламя внутреннего элемента, времени сохранения работоспособности под непрерывным воздействием пламени и другим признакам» [10].

Распространение пламени внутри технологических трубопроводов на взрывопожароопасных производствах зависит от свойств сырья, промежуточных, готовых продуктов, перекачиваемых через них; а также от геометрии трубопроводной системы, расположения запорной арматуры на ней и других факторов [16].

«Их действие основано на срыве/гашении огня в узких каналах, сквозь которые при этом свободно проходят газы, жидкости, различные смеси. При этом для каждой горючей среды рассчитывается минимальный диаметр канала, обеспечивающий безопасную транспортировку без переброса пламени, локализация которого обуславливается тепловыми потерями, что сходно с принципом действия искрогасителей. Доказано, что гашение пламени ОП достигается не из-за большой длины каналов огнегасящего

элемента, а благодаря небольшой площади их поперечного сечения. В то же время, если через ОП происходит перекачка ЛВЖ/ГЖ с высокой температурой, то длина каналов уже влияет на весь процесс» [10].

Таким образом, подведем итоги по анализу возможностей повышения эффективности огнепреграждающих устройств.

Анализ возможностей повышения эффективности огнепреграждающих устройств показал, что:

- необходимость повышения гидравлического сопротивления внутри устройства;
- необходимость более широкого спектра применения (стремление повысить универсальность устройства);
- стремление к повышению износостойкости (коррозии, деформации, амортизация);
- повышение свойств по решению проблем с кристаллизацией на насадках ОУ;
- нанесение определенной текстуры на пламегасящие элементы;
- стремление повысить турбулентность потока;
- способность к повышенному теплообмену;
- применение теплозащитных экранов с сетками и вспенивающимися красками.

Повышение эффективности огнепреграждающих устройств возможно при выполнении выбора параметров технологического оборудования согласно нормам проектирования объекта, то есть (расчет пламене проницаемости, пропускной способности, огнестойкости и сопротивления потоку парогазовой среды, а также модели гашения пламени в каналах огнепреградителей для оценки влияния текстуры поверхностей пламегасящих элементов на пла-менепроницаемость и сопротивление газовому потоку).

Повышение эффективности огнепреграждающих устройств возможно при выполнении выбора:

- численного расчета влияния текстуры поверхности пламегасящих элементов на эффективность гашения пламени и сопротивление газовому потоку;
- изменении конструктивного исполнения, например, повысив теплоизолирующие свойства путем создания дополнительных элементов или средств детонации в устройстве;
- введения в устройство огнепреградителя улучшенных пористых материалов для повышения теплостойких характеристик;
- способ повышения эффективности кассетных огнепреградителей путем нанесения текстуры на поверхность пламегасящих элементов.

Далее для анализа настоящего подраздела, выделим сравнительные характеристики современных устройств огнепреграждения, и на основании ряда преимуществ и недостатков, выделим пути совершенствования рассматриваемых устройств [22].

В таблице 2 представлены особенности устройств огнепреграждения.

Таблица 2 – Выявление свойств огнепреградителей методом сравнения

Наименование огнепреградителя	Вид ОП	Особенности	Недостатки
RU 2 386 462 C1 опубл. 20.4.2010 г.	Сухой	Широкая специализация применимости	Элемент пламягасительный представлен в неразъемном виде, что несет в себе факторов длительности остановки технологического процесса из-за его замены. Чрезмерный нагрев ОП
RU 189242 U1 опубл. 16.05.2019 г. С.И. Сойкин	Сухой	Повышение надежности по взрывопожароопасности	Площадь сечения пламегасящего элемента ниже, чем сечение сбросного патрубка

В таблице 2 представлены особенности устройств огнепреграждения.

Продолжение таблицы 2

Наименование огнепреградителя	Вид ОП	Особенности	Недостатки
RU 2317123 C1 опубл. 20.02.2008 г. С.Ю. Панчева	Сухой	Гашение паровоздушной смеси, материал и форма – металл, сетка, гофра+термостойкое покрытие	Узкая специализация применимости (сбросные свечи)
Концевой огнепреградитель RU 199162 U1 опубл. 27.02.2020 г. В.С. Шалаев	Сухой	Площадь сечения пламегасящего элемента выше, чем сечение сбросного патрубка Есть винтовой и телескопический механизмы для замены мембраны	Стоимость устройства выше, чем у аналогов и прототипов за счет механизмов мембран предохранения
Устройство сброса давления для закрытого прочного на давление корпуса RU 2578116 C2 опубл. 20.03.2016 г. Вюрц Хельмут	Устройство сброса давления	Площадь сечения пламегасящего элемента выше, чем сечение сбросного патрубка Есть винтовой и телескопический механизмы для замены мембраны	Стоимость устройства выше, чем у аналогов и прототипов за счет механизмов мембран предохранения

Таким образом, подводя анализ возможностей повышения эффективности ОУ, можно сделать следующие выводы:

- использование теории пограничного слоя Г. Шлихтинга, суть которой заключается в равномерном распределении теплообмена;
- внедрение способа нанесения текстуры на элементы ОУ;
- повышенная способность к гашению пламени за счет теплоотвода;
- изменение материала конструкции устройства – упрочнение характеристик [26];

- выбор рациональной схемы (например, методом каскада или линейной) устройства огнепреградителей в оборудовании;
- повышение эффективности подавления пламени, основываясь на результатах практических данных опытных испытаний.

Вывод раздела 1

Проведены исследование конструктивных особенностей и технических характеристик современных огнепреграждающих устройств, применяемых в составе производственного оборудования, а также анализ возможностей повышения эффективности огнепреграждающих устройств.

К достоинствам современных огнепреграждающих устройств можно отнести широкий спектр возможности применения по объектам пожара (жилые дома, производственные объекты и прочее), относительно низкую стоимость применяемого устройства по сравнению с другими средствами противопожарной защиты (огнезащитная обработка, АУПТ, АПС), простота исполнения и устройства в технологическом оборудовании с возможностью снятия и замены (или проведения ТО), достаточно длительный срок эксплуатации, безопасность для работников предприятия. Конструктивными особенностями и характеристиками огнепреградителей являются диаметр условного прохода, пропускная способность теплового потока, габаритные размеры, присоединительные размеры и масса. Анализ возможности повышения эффективности огнепреграждающих устройств показал, что добиться этого можно посредством выбора параметров технологического оборудования согласно нормам проектирования объекта, то есть (расчет проницаемости пламени, пропускной способности, огнестойкости, а также возможности сопротивляться потоку горячей жидкости) изменения конструктивного исполнения или введения в устройство огнепреградителя улучшенных пористых материалов для повышения теплостойких характеристик. Кроме того, разработан шаблон «SWOT-анализа» по анализируемой ситуации применения огнепреградителя (современный,

коммуникационный огнепреградитель типа DR/ES-V углового исполнения) и выявлены свойства огнепреградителей посредством метода сравнения.

2 Разработка концепций огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств

2.1 Анализ технических требований, предъявляемых к огнепреграждающим устройствам производственного оборудования машиностроительных производств

Проанализируем технические требования, предъявляемые к конструктивному исполнению сухих огнепреградителей.

Гашение пламени в гидрозатворах огнепреградителя происходит в момент прохождения горячей смеси через слой жидкости [6].

«Суммарная теплоотдающая поверхность пламени при этом увеличивается. В результате так же, как и в сухих огнепреградителях, в зоне реакции создаются условия для превышения интенсивности потерь тепла над интенсивностью тепловыделения. Для парогазовоздушных линий в качестве запирающей жидкости используют воду, а в жидкостных линиях используют транспортируемую жидкость» [2].

Для повышения эффективности действия огнепреградителей высоту запирающего слоя принимают до 50 см [27].

«На корпусе огнепреградителя (искрогасителя) и пламегасящем элементе должны отсутствовать вмятины, царапины и дефекты антикоррозионного покрытия. Массогабаритные характеристики огнепреградителя (искрогасителя) должны соответствовать знаменам, указанным в технической документации. В технической документации на огнепреградитель (искрогаситель) должны быть указаны виды горючей смеси, для защиты которых предназначено изделие, и условия применения (давление, температура). Конструктивные элементы огнепреградителя

(искрогасителя) должны выдерживать силовые нагрузки, возникающие при распространении пламени, с давлением, на которое рассчитано изделие» [15].

Также огнепреградитель должен сохранять работоспособность при высоком температурном режиме (согласно паспорту завода-изготовителя), причем, если заявлено использование огнепреграждающего устройства в условиях низких температур, необходимо условие исключения замерзания воды.

В конструкции огнепреградителя необходимо предусмотреть свойство чистки его составных элементов при рабочем веществе (газ или технологическая жидкость). Огнепреградители всегда выполняют герметичными (а именно корпус и соединения) по отношению к герметичности защищаемого устройства. Также необходимо отметить, что допускается принимать щелевые зазоры между стенкой корпуса ОУ и элементом гашения пламени не более, чем безопасный диаметр канала [22].

На рисунке 5 приведен огнепреградитель ОП 100 по анализу технических требований.

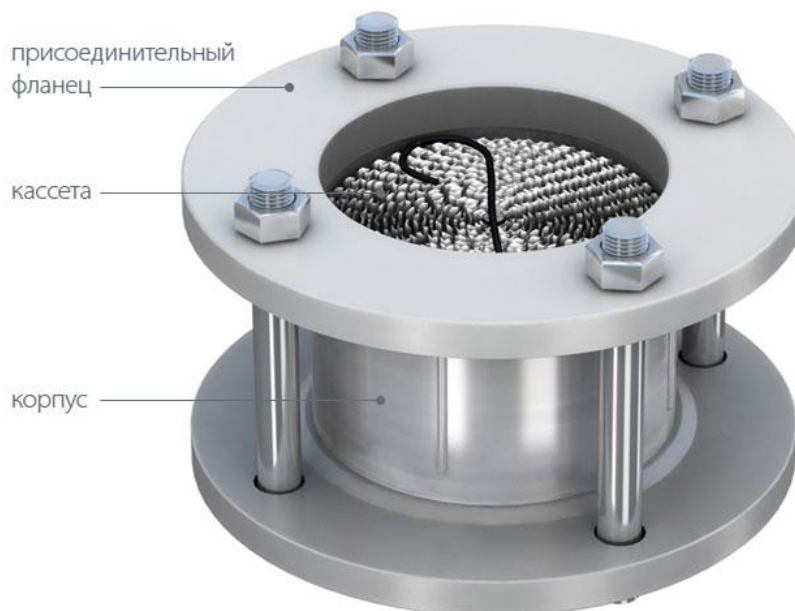


Рисунок 5 – Огнепреградитель ОП 100

«Огнепреградители (искрогасители) должны быть стойкими к наружному и внутреннему коррозионному воздействию сред, для работы в которых они предназначены. Конструкция огнепреградителя (искрогасителя) должна предусматривать возможность внутреннего осмотра, замены пламегасящего элемента, удобство монтажа. Конструктивные элементы огнепреградителя (искрогасителя) не должны деформироваться при локализации пламенного горения в течение времени, равного времени сохранения работоспособности при воздействии пламени. При использовании в огнепреградителях (искрогасителях) в качестве пламегасящего элемента гранулированного материала гранулы должны иметь шарообразную или близкую к ней форму. Гранулы должны быть изготовлены из жаропрочных и коррозионностойких материалов. Диаметр пламегасящего элемента огнепреградителя (искрогасителя) должен составлять не более 50 % его критического диаметра» [15].

Также необходимо целостность или надежность крепления огнепреградителя к защищаемому оборудованию, при условии действия вибрации. Технической документацией каждого огнепреградителя независимо от его типа, вида и места установки является технический паспорт и руководство по эксплуатации. Допуск максимально разрешенной температуры поверхности корпуса огнепреградителя должна быть ниже температуры воспламенения рабочей жидкости или газа не менее, чем на 20%.

Работоспособность коммуникационного огнепреградителя – свыше 10 минут, все разъемные соединения пломбируются, таким образом и контролируют целостность корпуса и герметичность креплений.

«Огнепреградитель (искрогаситель) должен сохранять работоспособность:

- при вибрационных воздействиях, возникающих в процессе эксплуатации. Пределы их изменения должны быть установлены изготовителем и указаны в технической документации на изделие;
- в интервалах температур эксплуатации и хранения, которые должны быть установлены изготовителем и указаны в технической документации на изделие» [15].

Далее, ОУ подлежит списанию, на его место устанавливают новый, подходящий по таким же характеристикам. При наличии механических повреждений и деформаций на корпусе ОУ, прежний огнепреградитель подлежит немедленному списанию. Также через каждые два года ОУ подлежат испытанию (пламенем с помощью стенда, при помощи горячего воздуха с пропаном).

«Маркировка огнепреградителей и искрогасителей должна быть выполнена на русском языке и содержать следующие данные:

- функциональное назначение (тип пламегасящего элемента, рекомендуемое место установки и
- класс изделия);
- виды горючих смесей, для защиты которых предназначено изделие:
- диаметр условного прохода выходного отверстия;
- температурный режим эксплуатации;
- рабочее давление;
- время сохранения работоспособности при воздействии пламени;
- масса;
- дата изготовления;
- товарный знак или название предприятия-изготовителя;
- номер ТУ» [15].

Кроме того, что через каждые два года ОУ подлежат испытанию (пламенем с помощью стенда, при помощи горячего воздуха с пропаном), также ОУ проходят периодические, приёмно-сдаточные и сертификационные испытания (по паспорту завода-изготовителя, у каждого ОУ они разные).

«Периодические испытания проводят в целях контроля показателей качества продукции и возможности продолжения выпуска изделия. Отбор образцов для испытания проводят по ГОСТ 18321. Периодическим испытаниям ежемесячно подвергаются 2 % от количества выпущенных огнепреградителей (искрогасителей), но не менее чем по четыре образца каждого типоразмера. Типовые испытания проводят при внесении конструктивных или иных изменений (технологии изготовления, материала), способных повлиять на основные параметры, обеспечивающие работоспособность огнепреградителя (искрогасителя). Программа испытаний планируется в зависимости от характера изменений и согласуется с разработчиком» [15].

Для проведения испытания ОУ необходимо использовать не менее пяти образцов для установления сертификационных свойств и характеристик. Если ОУ проходит успешно испытания, ему присваивается номер, прикладывается сертификат о прохождении испытаний по пожарной безопасности.

«Способность огнепреградителя локализовать пламя и способность искрогасителя предотвращать зажигание определяют с использованием тех видов горючей смеси, для защиты которых они предназначены. Допускается проведение испытаний на модельных горючих смесях, которые по нормальной скорости горения близки к указанным смесям, для которых предназначено изделие. Огнепреградитель (искрогаситель) устанавливают и закрепляют на стенде в соответствии с требованиями технической документации таким образом, чтобы обеспечить герметичность испытываемого изделия и огневых камер. Проводят заполнение контрольной

камеры и камеры сгорания испытательного стенда газопаровоздушной смесью заданной концентрации» [15].

Далее необходимо провести регистрацию показаний параметров воспламенения смеси продукта, для этого включают источник огнепреградителя. Таким образом, критерий воспламенения в камере – это увеличение показателя избыточного давления (в 2 раза) по отношению к исходному показанию первоначального давления. Если воспламенение в камере отсутствует, то устройство огнепреграждения считается прошедшим испытание. При повторе таких испытаний не менее трех раз, когда пламя гасится в фильтре огнепреградителя, испытания признают положительными.

«Максимальную температуру поверхности корпуса искрогасителя определяют при испытаниях на выхлопных коллекторах транспортных средств и силовых агрегатов, на которых устанавливают искрогасители, или оборудовании, имитирующем условия эксплуатации работы топок и двигателей внутреннего сгорания, при номинальной мощности силового агрегата» [15].

Для испытаний необходимо применять термоэлектрические преобразователи (по 3 шт. на каждый огнепреградитель), а также приборы измерения температуры до 1500°C с высоким классом точности.

«Порядок проведения испытаний:

- искрогаситель размещают на выхлопном коллекторе силового агрегата;
- включают силовой агрегат и выводят его на режим работы, соответствующий номинальной мощности;
- фиксируют показания температуры каждого термоэлектрического преобразователя в течение 1 ч
- при непрерывной работе силового агрегата в режиме, соответствующем номинальной мощности» [15].

При вычислении максимального значения температуры при трехкратном испытании, выбирают максимальную и принимают ее как расчетный показатель поверхности корпуса. Кроме температурных испытаний, проводят вибрационные испытания на стенде, где к подвижной платформе крепится огнепреградитель. На стенде представлены три оси координат, с частотой не менее 40 Гц и амплитудой не менее 1 мм огнепреградитель испытывают на вибрацию. Далее проверяют огнепреградитель на воздействие пламени.

«Для испытаний используют испытательный стенд. Два огнепреградителя крепятся к торцам камеры сгорания: один на входе, другой – испытательный – на выходе. Огнепреградитель, размещаемый на входе, препятствует распространению пламени из камеры сгорания в смеситель. В огнепреградитель, размещаемый на входе в контрольную камеру, подается горючая смесь из смесительной камеры. Смесительная камера должна быть проточного типа и обеспечивать горение горючей смеси на поверхности пламегасящего элемента огнепреградителя, прикрепленного на выходе камеры сгорания. Подача горючей смеси должна быть непрерывной и составлять 10, 40, 70 и 100 % от номинальной пропускной способности изделия» [15].

Проведение испытаний проводится из смесительной камеры к испытываемому огнепреградителю, осуществляется зажигание на выходном срезе пламегасящего элемента, фиксируется показания температуры каждого электрического термопреобразователя.

В конце определяется отрезок времени, где не было распространения пламени по изделию.

«Критериями распространения пламени по огнепреградителю считают:

- появление пламени у наружной поверхности корпуса огнепреградителя, а также образование трещин, прогаров и

других не установленных конструкторской документацией сквозных отверстий;

- исчезновение пламени у поверхности пламегасящего элемента, фиксируемое визуально и с помощью сигнала с электрического термопреобразователя, размещаемого на выходе огнепреградителя;
- возникновение пламени на входе в испытываемый огнепреградитель, фиксируемое с помощью
- сигнала с электрического термопреобразователя, размещаемого на входе у пламегасящего элемента» [15].

Испытания необходимо повторять за весь цикл испытаний, в течение которого не отмечено распространения пламени по изделию. Максимальная продолжительность испытания не должна превышать 70 мин.

Таким образом, анализ технических требований, предъявляемых к огнепреграждающим устройствам производственного оборудования машиностроительных производств, показал, что:

- основное требование – это способность огнепреградителя локализовать пламя и способность искрогасителя предотвращать зажигание;
- характеристиками работоспособности огнепреградителей являются целостность изделия, герметичность составных элементов, соответствие параметрам паспорта изделия;
- проводят два вида испытания на температуру и вибрацию;
- основные документы при реализации технических условий – это технический паспорт и руководство по эксплуатации;
- обязательно исполнение пломбирования разъемных соединений;
- обязательная замена при нарушении целостности или деформации, а также нарушении технических параметров;
- установленный срок службы от 10 до 25 лет;

- диаметр условного прохода от 50 до 350 мм;
- время сохранения работоспособности не менее 10 минут;
- масса от 0,3 до 1,5 кг;
- пропускная способность, 60 м³/час;
- проведение технического и регламентного обслуживания 2 раза в год между сезонами;
- ценовой диапазон в среднем для всех огнепреградителей варьируется от 3500 рублей до 15000 в среднем;
- рабочее давление от 0,01 до 0,6 кгс/см².

2.2 Исследование и разработка концепций огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств

Предприятия машиностроительной области относятся к объектам повышенной опасности.

«Поскольку производство деталей машин и оборудования сопряжено с выполнением большого объема сварочных и иных операций, особое внимание при проектировании уделяется обеспечению огнезащиты. Обработке подвергаются наиболее ответственные участки сборочных цехов, инженерные коммуникации, конструктивные элементы зданий» [16].

Конкретно на предприятии применяются в трубопроводах, технологическом оборудовании проводного исполнения, вентиляционных каналах, дыхательных линиях емкостей ЛВЖ.

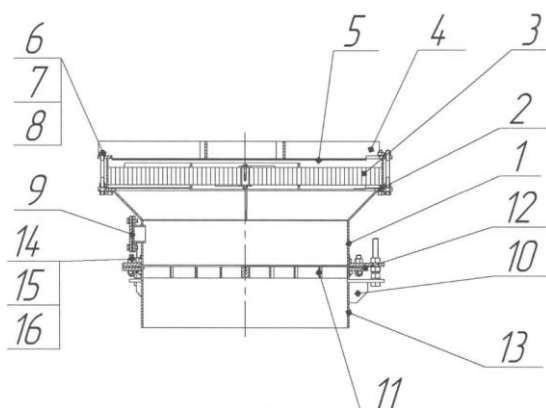
Рассмотрим современное устройство современного огнепреградителя применимо к рассматриваемому объекту, далее на основании выявления особенностей его применения и выявленных свойств огнепреградителей методом сравнения (раздел 1.2), разработаем алгоритм-концепцию применения.

«Общие требования огнезащиты машиностроительных предприятий подробно расписаны в СНиП. При выборе оптимальных материалов и технологий учитываются особенности каждого объекта. Во внимание принимаются:

- материалы изготовления несущих элементов зданий (как правило, используется конструкционная сталь);
- способы обустройства инженерных коммуникаций (обычно фрагменты воздуховодов открытые, располагаются непосредственно в цеху);
- протяженность инженерных линий (сети воздуховодов располагаются на разных уровнях, проходят по территории всех цехов)» [16].

«На основании этого подготавливается оптимальный проект пожарной безопасности с указанием, какие огнеупорные материалы будут применяться, класс их пожаростойкости и другие характеристики. Проект обязательно должен пройти согласование в органах пожарного надзора. Только после этого приступают к непосредственным работам по устройству огнезащиты» [16].

На рисунке 6 приведен огнепреградитель ОП 100 по анализу технических требований.



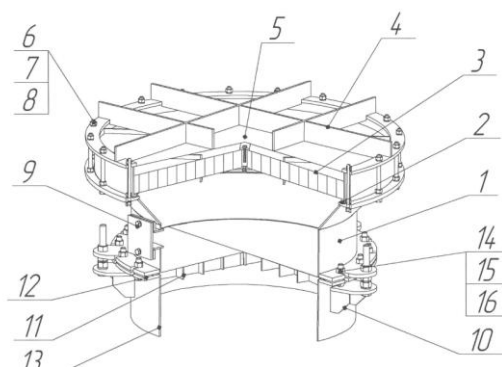
- 1 – корпус; 2 – прокладка; 3 – пламегасящий элемент; 4 – крышка; 5 – верхняя мембрана; 6 – шпильки; 7,15 – шайбы; 8,16 – гайки; 9 – смотровое окно; 10 – опоры; 11 – мембрана; 12 – фланец; 13 – отвод; 14 болты.

Рисунок 6 – Огнепреградитель ОП 100 по анализу технических требований

Рассмотрим устройство современного огнепреградителя применимо к рассматриваемому объекту, далее на основании выявления особенностей его применения и выявленных свойств огнепреградителей методом сравнения (раздел 1.2), разработаем алгоритм-концепцию применения. Таким образом, такой огнепреградитель отличается от устройств-прототипов возможностью повышения надежности по локализации пламени и искрогашению в опасной среде. «Огнепреградитель, размещаемый на фланце отвода защищаемого оборудования при помощи болтов, шайб и гаек, содержащий корпус, взрывной предохранительный клапан с мембраной, сменный пламегасящий элемент из чередующихся плоской и гофрированной металлических лент, обеспечивающий гашение пламени без нагрева корпуса огнепреградителя свыше 150°С» [19].

«Технический результат достигается тем, что огнепреградитель состоит из корпуса, размещаемого на фланце отвода защищаемого оборудования, взрывного предохранительного клапана с мембраной, пламегасящего элемента, выполненного либо из чередующихся гофрированной и плоской металлических лент огнепреградительной прокладки из негорючего материала, крышки, верхней мембраны, шпилек, шайб, гаек, смотрового окна, опор» [19].

На рисунке 7 приведен огнепреградитель ОП 100 по анализу технических требований.



1 – корпус; 2 – прокладка; 3 – пламегасящий элемент; 4 – крышка; 5 – верхняя мембрана; 6 – шпильки; 7,15 – шайбы; 8,16 – гайки; 9 – смотровое окно; 10 – опоры; 11 – мембрана; 12 – фланец; 13 – отвод; 14 болты.

Рисунок 7 – Схема устройства огнепреградителя ОП 100 по анализу технических требований

Огнепреградитель состоит из корпуса 1, огнепреградительной прокладки 2, выполненной из негорючего материала, крышки 4, верхней мембраны 5, шпилек 6, шайб 7, гаек 8, смотрового окна 9, опор 10, взрывного предохранительного клапана с мембраной 11 и сменного пламегасящего элемента 3, который может быть выполнен из чередующихся гофрированной и плоской металлических лент - ленточный, размещаемого на фланце 12 отвода 13 оборудования при помощи болтов 14, шайб 15, гаек 16.

«Огнепреградитель присоединяется к фланцу 12 отвода 13 на трубопроводе или на другой замкнутой системе, предназначенной для транспортирования или хранения горючих и/или взрывчатых смесей при помощи болтов 14, шайб 15, гаек 16. При возникновении избыточного давления в результате воспламенения и/или взрыва горючей и/или взрывчатой смеси, превышающего прочность мембраны взрывного предохранительного клапана 11, установленного на отводе 13 защищаемого оборудования, происходит разрыв мембраны и выброс пламени и продуктов горения, а также избыточного давления в полость огнепреградителя и через сменный пламегасящий элемент 3 и верхнюю мембрану 5 в атмосферу» [17].

Верхняя мембрана 5 выполнена из негорючего материала и предназначена для защиты от выброса пыли за пределы.

«Безопасный экспериментальный максимальный зазор в сменном пламегасящем элементе рассчитан так, чтобы при движении через него пламени происходило его гашение, а корпус огнепреградителя при этом не нагревался свыше 150°C. Данное обстоятельство позволяет использовать огнепреградитель во взрывоопасной среде, содержащей как рудничный газ, так и угольную пыль. Конструкция позволяет быстро менять пламегасящий элемент 3 после срабатывания путем откручивания гаек 16 и снятия крышки 4 с верхней мембраной 5. Это обстоятельство снижает время простоя оборудования после срабатывания огнепреградителя» [17].

В таблице 3 приведена концепция выбора огнепреградителя на АО «Завод им. А.М. Тарасова» методом «галстук-бабочка».

Таблица 3 – Концепция выбора огнепреградителя на АО «Завод им. А.М. Тарасова» методом «галстук-бабочка»

Причина аварийной ситуации	Последствие представленной аварийной ситуации	Достоинство, положительный фактор при осуществлении выбора	Последствие сложившейся ситуации
Причина 1 – остановка обратного потока газа, жидкости	Своевременное регламентное обслуживание	Квалифицированный инженерно-технический персонал	Последствие 1 – ведение технологического цикла операций машиностроения без остановки производства
Причина 2 – блокирование пламени	Недопущение обратного удара	Устройство терм активированного запорного клапана	Последствие 2 - ведение безопасного технологического цикла, отсутствие пожара в оборудовании
Причина 3 – защита от искрообразования, исключение рассекающих мелких частиц пламени	Контроль параметрического давления	Контроль параметрического давления	Последствие 3 – ведение безопасного технологического цикла, отсутствие взрыва в оборудовании

Расчет огнепреградителя по методу Я. Б. Зельдовича

«В теоретических работах Я-Б. Зельдовича показано, что на пределе распространения пламени в трубках малого диаметра достигается постоянство числа Пекле. Последующими экспериментальными исследованиями установлено, что на пределе гашения пламени величина числа Пекле колеблется в пределах 60...80 и примерно одинакова для всех горючих смесей и огнегасящих насадок в широком диапазоне изменения условий опыта. По этой закономерности легко найти величину критического диаметра огнепреградителя» [30].

Число Пекле:

$$Pe_{кр} = \frac{u_n d_{кр}}{a}, \quad (1)$$

$$Pe_{кр} = \frac{18,4 \times 12,5}{45,5} = 5,05$$

«где $Pe_{кр}$ – число Пекле, на пределе гашения пламени равное 65;

a – коэффициент температуропроводности;

u_n – нормальная скорость распространения пламени» [30].

$$a = \frac{\lambda}{c_p \rho} \quad (2)$$

$$a = \frac{1,89}{3,59} = 0,53$$

«где λ – коэффициент теплопроводности горючей смеси;

c_p – теплоемкость горючей смеси;

ρ – плотность горючей смеси» [30].

Согласно уравнению газового состояния $pV=GRT$,

$$p = G/V = p/RT \quad (3)$$

«где R – газовая постоянная;
 T – температура горючей смеси;
 p – давление горючей смеси;
 Q – количество горючей смеси» [30].

Решая уравнение относительно критического диаметра канала, получим:

$$d_{кр} = \frac{Pe_{кр} \lambda RT}{u_n c_p \rho} \quad (4)$$

«В соответствии с экспериментальными данными действительный диаметр канала огнегасящей насадки огнепреградителя должен; быть взят с учетом двойного коэффициента запаса надежности, то есть» [30].

$$d = 0,5 d_{кр}. \quad (5)$$

«Если насадка огнепреградителя состоит из гранулированных тел (зерен гравия, стеклянных или фарфоровых шариков, колец), пригодится от вычисленного размера, канала переходить к размеру гранулы. Диаметр каналов (пор), образующихся в слое насадки из одинаковых по размеру гранул, по форме близких к шарообразным частицам, принимают равным 0,25...0,36 величины диаметра шарика, откуда» [30].

$$d_{гр} = (4...3)d, \quad (6)$$

где $d_{гр}$ – диаметр гранулы.

«Сухими огнепреградителями чаще всего защищают газовые и паровоздушные линии, в которых по условиям технологии или при нарушении нормального режима работы могут образоваться горючие концентрации (дыхательные линии резервуаров, мерников, промежуточных емкостей, напорных баков и подобных им аппаратов с ЛВЖ, а также с горючими жидкостями, нагретыми до температуры вспышки и выше, стравливающие линии и продувочные свечи на аппаратах с газами и ЛВЖ, паровоздушные линии рекуперационных установок; линии, идущие от аппаратов и емкостей на факел, линии газовой обвязки резервуаров с ЛВЖ)» [30].

Защитное действие сухого огнепреградителя заключается в том, что гашение пламени в узком канале производится за счет увеличения показателя тепловой интенсивности по отношению с выделением тепла, когда происходит рост фронта пламени.

«Насадка огнепреградителя должна оказывать малое гидравлическое сопротивление движению потока, что обеспечивается выбором рациональной толщины ее слоя, а заданная пропускная способность линии – соответствующей расчету площадью поперечного сечения огнепреградителя. Внутри корпуса огнепреградителя с гравийным заполнением на сетке находится слой гравия с зернами диаметром 3...8 мм и высотой 80... 120 мм, что обеспечивает непроницаемость для пламени бензино-воздушных смесей» [30].

Если в производстве используемое оборудование металлоемкое и крупногабаритное, а также технологический процесс связан с газовым или нефтяным производством, применяются гравийные ОУ.

«В таком огнепреградителе гасящая насадка образована гравием, который находится в кольцевом пространстве между двумя дырчатыми трубами. Эта конструкция позволяет иметь огнезащитный слой требуемой

толщины и большую поверхность для прохождения паровоздушной смеси. Чтобы в кольцевом пространстве не могли образоваться незаполненные места, через которые возможен проскок пламени, в бункере всегда должен быть запас гравия для восполнения потерь. Защита огнегасящего слоя от возможного разрушения взрывной волной обеспечивается установкой взрывных мембранных предохранительных клапанов» [30].

В конструкции сетчатых огнепреградителей необходимо использование медных, латунных фильтровальных сеток с количеством отверстий от 144 до 196 на 1 см². Приветствуется исполнение в виде нескольких сеток для эффективного гашения пламени.

Гидравлическое сопротивление огнепреградителя:

$$\Delta p = 2\lambda \frac{h}{d_{\text{экв}}} \rho v^2 \quad (7)$$

«где λ – коэффициент гидравлического сопротивления слоя насадки;

h – высота слоя насадки;

ρ – плотность парогазовоздушной смеси;

v – скорость движения смеси в свободном сечении насадки огнепреградителя;

$d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр огнегасящих каналов (пор) в слое насадки» [30].

Свободное сечение при наличии насадки из шарообразных тел принимают равным 0,3...0,4 площади сечения огнепреградителя.

Коэффициент гидравлического сопротивления зависит от вида насадки и числа Рейнольдса:

– для зернистой насадки и насадки из колец (при $Re > 60$) [4].

$$\lambda = \frac{3,8}{\text{Re}^{0,2}} \quad (8)$$

– для насадки из металлических и стеклянных шариков (при $\text{Re} > 60$)

$$\lambda = \frac{36,3}{\text{Re}} + 0,4 \quad (9)$$

– для металлокерамической насадки (при Re больше 10 и меньше 250) [4]:

$$\lambda = \frac{29}{\text{Re}} + \frac{1,25}{\text{Re}^{0,15}} \quad (10)$$

Число Рейнольдса рассчитывают по скорости газового потока в свободном сечении насадки огнепреградителя [4].

Вывод по результатам расчета

В сетчатом огнепреградителе необходимо использовать медные, латунные или стальные фильтровальные сетки с количеством отверстий от 144 до 196 на 1 см^2 . Для надежного гашения пламени применяют не одну, а несколько сеток, последовательно установленных на расстоянии примерно 10 мм друг от друга [4].

Модель огнепреградителя для оборудования на заводе – сетчатый огнепреградитель сухого типа (промышленный), ОП-100 ОП-100 (фирма «Производство оборудования для промышленных предприятий»).

Технические характеристики

Огнепреградитель трубопроводов и других замкнутых систем, предназначенных для транспортирования или хранения горючих и взрывчатых смесей, ОП-100 (фирма «Производство оборудования для промышленных предприятий»).

Огнепреградитель состоит из корпуса, огнепреградительной прокладки,

выполненной из негорючего материала, крышки 4, верхней мембраны 5, шпилек, шайб, гаек, смотрового окна, опор, взрывного предохранительного клапана с мембраной и сменного пламегасящего элемента 3, который может быть выполнен из чередующихся гофрированной и плоской металлических лент – ленточный, размещаемого на фланце отвода защищаемого оборудования при помощи болтов, шайб, гаек.

Условный диаметр прохода – 100 мм, рабочее давление – 6 кг/см².
Материал корпуса – труба АМГ, сталь 3пс или 08Х18Н10 (AISI 304), масса – 10 кг, габаритные размеры диаметр не более, 125 мм; длина не более 215 мм.

Срок службы: огнепреградителя ОП с кассетой из ленты алюминиевой – 8 лет; огнепреградителя ОП с кассетой из ленты нержавеющей – 15 лет.

ТУ 3689-036-03467856-2012. Сертификат соответствия (ТР ТС 012/2011) № TC RU C-RU.ГБ08. В.01980 с 14.09.2016 по 13.09.2021.

Документация:

- сертификат соответствия 2022 г на тех оборудование;
- статья об огнепреградителях;
- декларация ОП и КРТ;
- паспорт на ОП-100 2024 г.

Так как на рассматриваемом применяются в трубопроводах, технологическом оборудовании проводного исполнения (12 шт.), вентиляционных каналах (9 шт. – огнепреградитель сетчатый с алюминиевой лентой, ОП-100), дыхательных линиях емкостей ЛВЖ (15 шт), предлагается заменить в вентиляционных каналах, поскольку срок службы подходит к заявленному сроку (2016 год ввода в эксплуатацию).

Вывод раздела 2

Разработана концепция огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных производств, проведен анализ технических требований, предъявляемых к

огнепреграждающим устройствам производственного оборудования машиностроительных производств.

Рассмотрено современное устройство современного огнепреградителя применимо к рассматриваемому объекту, далее на основании выявления особенностей его применения и выявленных свойств огнепреградителей методом сравнения (раздел 1.2), разработана алгоритм-концепция применения. Приведена концепция выбора огнепреградителя на АО «Завод им. А.М. Тарасова» методом «галстук-бабочка». Проведен расчет огнепреградителя по методу Я. Б. Зельдовича.

Таким образом, анализ технических требований, предъявляемых к огнепреграждающим устройствам производственного оборудования машиностроительных производств, показал, что:

- основное требование – это способность огнепреградителя локализовать пламя и способность искрогасителя предотвращать зажигание;
- характеристиками работоспособности огнепреградителей являются целостность изделия, герметичность составных элементов, соответствие параметрам паспорта изделия;
- проводят два вида испытания на температуру и вибрацию;
- основные документы при реализации технических условий – это технический паспорт и руководство по эксплуатации;
- обязательно исполнение пломбирования разъемных соединений;
- обязательная замена при нарушении целостности или деформации, а также нарушении технических параметров;
- установленный срок службы от 10 до 25 лет;
- диаметр условного прохода от 50 до 350 мм;
- время сохранения работоспособности не менее 10 минут;
- масса от 0,3 до 1,5 кг;
- пропускная способность, $60 \text{ м}^3/\text{час}$;

- проведение технического и регламентного обслуживания 2 раза в год между сезонами;
- ценовой диапазон в среднем для всех огнепреградителей варьируется от 3500 рублей до 15000 в среднем;
- рабочее давление от 0,01 до 0,6 кгс/см².

3 Анализ эффективности применения огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств

3.1 Методика оценки технико-экономической эффективности применения огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств

Методика оценки технико-экономической эффективности применения огнепреграждающих устройств в оборудовании основана на расчете технических характеристик ОУ для определённого объекта (например, по методу Я. Б. Зельдовича, приведен в р. 2.2), а также дальнейшем расчете по целесообразности применения и ценовой политики. Теоретически, внедрение устройств огнепреграждения этот однозначно экономические целесообразное мероприятие, поскольку не велика стоимость этих устройств в общей системе УПБ. Тем не менее, необходимо обоснование для внедрения новых ОУ взамен существующих. Если обратиться к зарубежной литературе в этом вопросе, то авторы повествуют о необходимости и повышению обеспечения безопасности посредством внедрения унифицированных современных технических устройств в области обеспечения пожарной безопасности. Совокупность обоснованных таких противопожарных мероприятий (по внедрению технических устройств), должно способствовать снижению пожарной опасности объекта и значительно снижать уровень потерь от пожаров.

Экономия от потерь складывается в этом случае из экономии от ущерба (производственное оборудование, отделка помещений, целостность здания, цеха, участка), а также экономии от работоспособности личного состава предприятия.

Обращаясь к практическому опыту российских производственных предприятий, можно утверждать, что в нашей стране большое внимание уделяется научно-техническим разработкам в области ПБ. Определенно,

источник финансирования для непосредственного нашего предприятия – бюджет производственный объект АО «Завод им. А.М. Тарасова».

В общем понятии финансирования научно-технических разработок, осуществляется за счет средств федерального бюджета, далее бюджета субъекта и средств бюджета муниципального образования либо иных источников финансирования (также средства организации, спонсоры).

Управление по выбору научно-технических разработок в области пожарной безопасности и пожаротушения заключается в детальной проработке выбора устройства, обоснования его применения, а также определения масштабов производства на основании требуемого экономического эффекта.

Здесь необходимо отметить термин «пожарная безопасность» – защищенность объекта обеспечивать защиту людей в совокупности с положительным эффектом от систем противопожарной защиты (корреляция между прямым и косвенным ущербом). Не всегда удается на практике подтвердить экономический расчет, ведь системы противопожарной защиты (в частности, АУПТ) являются дорогостоящими, также регулярно на них необходимо закладывать материальный ресурс по замене огнетушащего вещества, зарядке, а также обслуживанию. Иногда системы просто не применяются, соответственно, ими пренебрегают, просто проведя расчет пожарного риска (проводится расчет влияния ОПФ на людей и время эвакуации из здания). Но опыт и практика показывают, что несмотря на необязательное внедрение дополнительных устройств противопожарной защиты они показывают положительный эффект в общем понятии безопасности объекта. Это влияет и на промышленную безопасность, и на охрану труда, и на нейтральное соседство промышленного предприятия.

Следовательно, грамотный и ответственный руководитель предприятия и инженер ПБ (лицо, ответственное за ПБ) всегда найдет общее решение по разработке оптимальной схемы противопожарных мероприятий.

Технические характеристики экономической эффективности средства огнепреграждения рассчитывается по нормативному коэффициенту использования системы для рассматриваемого предприятия. Проверяется соответствие системы и ОУ нормативным требованиям, применяются компенсирующие мероприятия.

«К новой пожарной технике следует относить изделия, созданные в России впервые на основе результатов исследований, изобретений и инженерных решений и усовершенствованные изделия, отличающиеся от существующих более высокими технико-экономическими показателями и качеством. Следует знать, что оценке экономической эффективности подлежат работы по новой и усовершенствованной пожарной технике и оборудованию и по пожарно-профилактическим мероприятиям» [25].

«Основными нормативными документами при расчетах экономической эффективности новых научно-технических разработок в области обеспечения пожарной безопасности являются:

- Инструкция по определению экономической эффективности новой пожарной техники, пожарно-профилактических мероприятий, изобретений и рационализаторских предложений в области пожарной защиты. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1980.
- Инструкция по определению экономической эффективности новой пожарной техники, охранной и пожарной сигнализации, изобретений и рационализаторских предложений. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1983.
- Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений СН-509-78. М.: Стройиздат, 1979» [25].

«Ожидаемая экономическая эффективность рассчитывается при выполнении (по окончании) научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), на стадии разработки технического

проекта и рабочей документации. Фактическая экономическая эффективность определяется после внедрения результатов НИОКР, а также при аттестации новой пожарной техники на соответствующую категорию качества» [25].

«Необходимо помнить, что точность расчетов экономической эффективности новой пожарной техники и оборудования зависит от степени достоверности исходных данных, которые должны отражать следующее:

- назначение и область применения нового изделия (инженерно-технического решения);
- основные параметры нового и базового изделия (инженерно-технического решения);
- сроки службы;
- потребности в новом изделии (инженерно-техническом решении);
- дополнительные капитальные вложения;
- себестоимость нового и базового изделия (инженерно-технического решения)» [25].

Здесь важны аспекты целесообразности применения, обоснования выбранного оборудования и выбора ОУ на основании сравнительного анализа.

«Сопоставимость сравниваемых вариантов достигается за счет идентичности: условий эксплуатации и области применения новой пожарной техники; объема работ, производимых новой техникой; уровня применения цен; объема производства, числа лет выпуска. Необходимо знать, что методика анализа экономической эффективности новой пожарной техники несколько отличается от методики анализа экономической эффективности капитальных вложений на противопожарную защиту» [25].

3.2 Анализ и оценка эффективности разработанных концепций огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств

Поскольку огнепреграждающие устройства как неотъемлемый элемент в системе обеспечения пожарной безопасности значительно способны снизить риск возникновения пожароопасных ситуаций, проведем расчет огнепреградителя трубопроводов и других замкнутых систем, предназначенных для транспортирования или хранения горючих и взрывчатых смесей, ОП-100 (фирма «Производство оборудования для промышленных предприятий»). В таблице 4 покажем план финансового обеспечения мероприятия.

Таблица 4 – План финансового обеспечения мероприятия

Наименование мероприятия	Основание	Стоимость, руб.	Срок реализации	Ответственный
Огнепреградитель для транспортирования или хранения горючих и взрывчатых смесей, ОП-100	План мероприятий по улучшению пожарной безопасности предприятия, на 2025 год	440 000 (36 шт по 10 000+ проектирование+ монтаж)	2025 г.	Главный инженер АО «Завод им. А.М. Тарасова»

В таблице 5 приведем смету расходов на мероприятие.

Таблица 5 – Смета расходов на мероприятие

Наименование рабочей зоны	Способ подготовки проб для химического анализа и устройство для его осуществления
Стоимость оборудования, руб.	360000
Стоимость проектирования, руб.	25000
Стоимость монтажных работ, руб.	55000
Итоговая стоимость оснащения, руб.	440000

Для того, чтобы провести расчет экономической эффективности, необходимо определить расчёт показателей ожидаемых потерь от пожара на АО «Завод им. А.М. Тарасова».

«Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения» [5]:

$$F_{\text{пож.}} = \pi \times v_{\text{лин}} \times B_{\text{св.г.}}, \quad (1)$$

«где v – скорость распространения горения;

$B_{\text{св.г.}}$ – время свободного развития горения» [5].

$$F_{\text{пож.}} = 3,14 \times 1,5 \times 56 = 263,76 \text{ м}^2$$

Расчёт показателей ожидаемых потерь от пожаров:

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

«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» [6]:

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}}^* \cdot (1 + k) \cdot p_1, \quad (3)$$

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

F – площадь объекта, м^2 ;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ м^2 ;

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

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [6].

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \times \\ \times [1 - p_1 - (1 - p_1) \times p_3] \cdot p_2 \quad (4)$$

«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»

[6].

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

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

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

Расчет единого варианта с АУПТ, поскольку на объекте данная система смонтирована по требованиям и нормам законодательства в области ПБ:

$$M(\Pi_1) = 3,4 \times 10^{-6} \times 263,76 \times 35000 \times 4 \times (1 + 1,24) \times 0,63 = 117175 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 3,4 \times 10^{-5} \times 263,76 \times 35000 \times 2 \times (1 + 1,24) \times (1 - 0,63) \times 0,82 = \\ = 24895 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 3,4 \times 10^{-6} \times 263,76 \times (30000 \times 452 + 30000) \times (1 + 1,24) \times [1 - 0,63 - (1 - 0,79) \times 0,82] \times \\ \times 0,95 = 268900 \text{ руб./год}.$$

$$M(\Pi_4) = 3,4 \times 10^{-6} \times 263,76 \times (35000 \times 6500 + 30000) \times (1 + 1,24) \times \{1 - 0,63 - (1 - \\ - 0,63) \times 0,82 - [1 - 0,63 - (1 - 0,63) \times 0,82] \times 0,95\} = 981230 \text{ руб./год}.$$

Общие ожидаемые потери объекта от пожаров составят:

$$M(\Pi)_2 = 117175 + 24895 + 268900 + 981230 = 1392200 \text{ руб./год.}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = Y - Z \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_r = 1392200 - 440000 = 952200,$$

где $\mathcal{E}_r$ – годовой экономический эффект, руб.;

где Y – величина годового ущерба, потерь организации, принимаем 1392200, руб.;

Z – затраты на реализацию мероприятия, руб.

Основной целью расчета экономического эффекта является определение эффективности.

Эффективность, стоит реализовывать мероприятие или нет, повлияет ли оно позитивно на обеспечение безопасности в организации:

$$\mathcal{E} = \frac{Y}{Z} \quad (8)$$

$$\mathcal{E} = \frac{1392200}{440000} = 3,16$$

где $\mathcal{E}$ – экономическая эффективность мероприятия.

Чистый экономический эффект:

$$\text{ЧЭЭ} = \sum \mathcal{E}_t - Z_t, \quad (9)$$

$$\text{ЧЭЭ} = 1392200 - 440000 = 952200,$$

где $\mathcal{E}_t$ – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t -ом шаге расчета;

Z_t – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения.

Чистый дисконтированный доход ЧДД:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (\Xi_t - Z_t + A_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (10)$$

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (1392200 - 440000 + 50000) \frac{1}{(1 + 1,12)^t} = 472735$$

где Ξ_t – результаты (эффекты, предотвращенный ущерб), достигнутые на t -ом шаге расчета;

Z_t – затраты на этом шаге, включая капитальные вложения;

A_t – амортизационные отчисления, осуществляемые на этом шаге;

T – горизонт расчета;

E – норма дисконта.

Чем больше ЧДД, тем эффективнее проект. При отрицательном значении ЧДД проект неэффективен.

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = T - \frac{\text{ЧДД}_T}{\text{ЧДД}_{T+1} - \text{ЧДД}_T}, \quad (11)$$

$$T_{\text{ок}} = 1 - \frac{472735}{945500 - 472735} = 0,1,$$

где T – год, в котором значение чистого дисконтированного дохода последний раз отрицательное;

ЧДД_T – последнее отрицательное значение чистого дисконтированного дохода в период времени T ;

ЧДД_{T+1} – первое положительное значение чистого дисконтированного дохода.

Расчет ЧЭЭ, ЧДД и срок окупаемости мероприятия представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Интегральные показатели эффективности мероприятия

Наименование показателей	Значение показателей по годам, тыс. д. е.				
	1	2	3	4	5
Капитальные вложения	440000	80000	80000	80000	80000
Ежегодные затраты	440000	80000	80000	80000	80000
Амортизация	50000	50000	50000	50000	50000
Эффект	1,9	1,5	1,4	1,3	1,2
ЧЭЭ	952200	952200	952200	952200	952200
Коэффициент дисконтирования	1,94	1,84	1,75	1,68	1,75
ЧДД с нарастающим итогом	472735	472735	472735	472735	472735
Ток	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Дисконтированные капитальные вложения	147 214,2	112 512,3	102 256,3	98 541,2	93 142,2
Дисконтированный доход	472735	560258	690541	845200	654230
Индекс доходности	3,5				

Индекс доходности ИД:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=0}^T (\mathcal{E}_t + A_t)(1+E)^{t-1}}{\sum_{t=0}^T K_t(1+E)^{t-1}}, \quad (12)$$

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=0}^T (1392200 + 50000)(1 + 1,12)^{t-1}}{\sum_{t=0}^T K_t(1 + 1,12)^{t-1}} = 3,5$$

Таким образом, ИД>1 [15].

Вывод раздела 3

Индекс доходности больше 1, соответственно согласно обоснованию и выбранным техническим характеристикам, а также исходя из сравнительных данных принят концевой огнепреградитель сухой.

Площадь сечения пламегасящего элемента выше, чем сечение сбросного патрубка. Есть винтовой и телескопический механизмы для замены мембраны. Так как на рассматриваемом применяются в

трубопроводах, технологическом оборудовании проводного исполнения (12 шт.), вентиляционных каналах (9 шт. – огнепреградитель сетчатый с алюминиевой лентой, ОП-100), дыхательных линиях емкостей ЛВЖ (15 шт), предлагается заменить в вентиляционных каналах, поскольку срок службы подходит к заявленному сроку (2016 год ввода в эксплуатацию).

Технические характеристики выбранного ОУ-100:

установленный срок службы от 10 до 25 лет;

- диаметр условного прохода от 50 до 350 мм;
- время сохранения работоспособности не менее 10 минут;
- масса от 0,3 до 1,5 кг;
- пропускная способность, 60 м³/час;
- проведение технического и регламентного обслуживания 2 раза в год между сезонами;
- ценовой диапазон в среднем для всех огнепреградителей варьируется от 3500 рублей до 15000 в среднем;
- рабочее давление от 0,01 до 0,6 кгс/см².

Проанализирована методика оценки технико-экономической эффективности применения огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств, проведен анализ и оценка эффективности разработанных концепций огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств.

Заключение

Проведены исследование конструктивных особенностей и технических характеристик современных огнепреграждающих устройств, применяемых в составе производственного оборудования, а также анализ возможностей повышения эффективности огнепреграждающих устройств.

К достоинствам современных огнепреграждающих устройств можно отнести широкий спектр возможности применения по объектам пожара (жилые дома, производственные объекты и прочее), относительно низкую стоимость применяемого устройства по сравнению с другими средствами противопожарной защиты (огнезащитная обработка, АУПТ, АПС), простота исполнения и устройства в технологическом оборудовании с возможностью снятия и замены (или проведения ТО), достаточно длительный срок эксплуатации, безопасность для работников предприятия. Конструктивными особенностями и характеристиками огнепреградителей являются диаметр условного прохода, пропускная способность теплового потока, габаритные размеры, присоединительные размеры и масса. Анализ возможности повышения эффективности огнепреграждающих устройств показал, что добиться этого можно посредством выбора параметров технологического оборудования согласно нормам проектирования объекта, то есть (расчет проницаемости пламени, пропускной способности, огнестойкости, а также возможности сопротивляться потоку горячей жидкости) изменения конструктивного исполнения или введения в устройство огнепреградителя улучшенных пористых материалов для повышения теплостойких характеристик. Кроме того, разработан шаблон «SWOT-анализа» по анализируемой ситуации применения огнепреградителя (современный, коммуникационный огнепреградитель типа DR/ES-V углового исполнения) и выявлены свойства огнепреградителей посредством метода сравнения.

Разработана концепция огнепреграждающих устройств для применения в составе производственного оборудования машиностроительных

производств, проведен анализ технических требований, предъявляемых к огнепреграждающим устройствам производственного оборудования машиностроительных производств.

Рассмотрено современное устройство современного огнепреградителя применимо к рассматриваемому объекту, далее на основании выявления особенностей его применения и выявленных свойств огнепреградителей методом сравнения (раздел 1.2), разработана алгоритм-концепцию применения. Приведена концепция выбора огнепреградителя на АО «Завод им. А.М. Тарасова» методом «галстук-бабочка». Проведен расчет огнепреградителя по методу Я. Б. Зельдовича.

Таким образом, анализ технических требований, предъявляемых к огнепреграждающим устройствам производственного оборудования машиностроительных производств, показал, что:

- основное требование – это способность огнепреградителя локализовать пламя и способность искрогасителя предотвращать зажигание;
- характеристиками работоспособности огнепреградителей являются целостность изделия, герметичность составных элементов, соответствие параметрам паспорта изделия;
- проводят два вида испытания на температуру и вибрацию;
- основные документы при реализации технических условий – это технический паспорт и руководство по эксплуатации;
- обязательно исполнение пломбирования разъемных соединений;
- обязательная замена при нарушении целостности или деформации, а также нарушении технических параметров;
- время сохранения работоспособности не менее 10 минут;
- масса от 0,3 до 1,5 кг;
- пропускная способность, $60 \text{ м}^3/\text{час}$;

- проведение технического и регламентного обслуживания 2 раза в год между сезонами;
- ценовой диапазон в среднем для всех огнепреградителей варьируется от 3500 рублей до 15000 в среднем;
- рабочее давление от 0,01 до 0,6 кгс/см².

Индекс доходности больше 1, соответственно согласно обоснованию и выбранным техническим характеристикам, а также исходя из сравнительных данных принят концевой огнепреградитель сухой.

Площадь сечения пламегасящего элемента выше, чем сечение сбросного патрубка. Есть винтовой и телескопический механизмы для замены мембраны. Так как на рассматриваемом применяются в трубопроводах, технологическом оборудовании проводного исполнения (12 шт.), вентиляционных каналах (9 шт. – огнепреградитель сетчатый с алюминиевой лентой, ОП-100), дыхательных линиях емкостей ЛВЖ (15 шт), предлагается заменить в вентиляционных каналах, поскольку срок службы подходит к заявленному сроку (2016 год ввода в эксплуатацию).

Технические характеристики выбранного ОУ-100:

установленный срок службы от 10 до 25 лет;

- диаметр условного прохода от 50 до 350 мм;
- время сохранения работоспособности не менее 10 минут;
- масса от 0,3 до 1,5 кг;
- ценовой диапазон в среднем для всех огнепреградителей варьируется от 3500 рублей до 15000 в среднем;
- рабочее давление от 0,01 до 0,6 кгс/см².

Проанализирована методика оценки технико-экономической эффективности применения огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств, проведен анализ и оценка эффективности разработанных концепций огнепреграждающих устройств в оборудовании машиностроительных производств.

Список используемых источников

1. Завод имени Тарасова [Электронный ресурс] : общие технические требования. URL: <https://707.su/HJt9> (дата обращения: 02.08.2024).
2. Защита коммуникаций огнепреградителями. Сухие и жидкостные (гидравлические затворы) огнепреградители [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/1359488/page:2/> (дата обращения: 02.08.2024).
3. Зимин Г. С, Ковязина О.С Совершенствование системы управления при тушении пожаров на химически опасных объектах // Современные проблемы гражданской защиты.2020. № 2(35) С. 48-53.
4. Киселев Я.С. К расчету длины и диаметра огнегасящего канала в сухих огнепреградителях // Пожаровзрывобезопасность. 2014. № 1. С. 33–35.
5. Кисиев К.Б., Ефимов С.В. Расчет гравийного огнепреградителя// Пожарная безопасность: проблемы и перспективы.2019. № 5 С. 371-375.
6. Корольченко Д.А., Шароварников А.Ф., Власов Н.А Эффект огнепреграждения при оценке огнетушащей способности порошковых составов// Пожаровзрывобезопасность. Средства и способы тушения пожаров.2019. № 24 (10) С. 67-74.
7. Лущик А.П. Современные технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров // Энергетика и рациональное природопользование».2020. № 45 С. 1-10.
8. Марухин П.Н., Решетов А.П., Смирнов А.С. Особенности применения сухих огнепреградителей с улучшенными характеристиками теплообмена для обеспечения пожарной безопасности резервуаров// Безопасность критически важных и потенциально опасных объектов.2016. № 3 (12) С. 24-29.
9. Миклина Е.А., Волкова С.Н. О проблемах моделирования динамики пожара // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы.2019. № 1(9) С. 599-602.

10. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства от 30.12.2003 № 794 (ред. от 02.04.2020). URL: <https://rulaws.ru/goverment/Postanovlenie-Pravitelstva-RF-ot-30.12.2003-N-794/> (дата обращения: 29.01.2024).

11. О защите населения и территории от ЧС [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 11.11.1994 № 68-ФЗ (ред. от. 08.12.2020). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-68-FZ/> (дата обращения: 29.01.2024).

12. О компании [Электронный ресурс]. URL: https://www.kzate.ru/company/AB_company/index.php (дата обращения: 29.07.2024).

13. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 27.12.2019). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-69-FZ/Statya-1/> (дата обращения: 29.01.2024).

14. О специальной оценке условий труда [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426 (ред. 24.07.2024). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=455233&cwi=3978> (дата обращения: 18.09.2024).

15. Огнестроительные и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 53323-2009 национальный стандарт РФ. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/481/48110.pdf> (дата обращения: 29.02.2024).

16. Огнезащита на машиностроительных предприятиях [Электронный ресурс]. URL: <https://bascord.ru/novosti/ognezashhita-na-mashinostroitelnyh-predpriyatiyah/> (дата обращения: 15.08.2024).

17. Пат. 189242 Российская Федерация. Огнестроитель / Сойкин С.И.; заявл. 21.09.2018; опубл. 16.05.2019. URL:

https://yandex.ru/patents/doc/RU189242U1_20190516 (дата обращения: 08.10.2024).

18. Пат. 2026095 Российская Федерация. Огнепреграждающий затвор / Петров Л.В.; заявл. 10.12.2020; опубл. 16.05.2021. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2026095C1_19950109 (дата обращения: 18.02.2024).

19. Пат. 5431512 Российская Федерация. Огнепреградитель / Артмаонов В.С.; заявл. 04.10.2010; опубл. 20.10.2011. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2431512C1_20111020 (дата обращения: 18.02.2024).

20. Огнепреградители или искрогасители: виды, устройство, принцип действия и порядок испытания [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/ognepregraditeli-vidyi-ustroystva-printsip-deystviya-i-poryadok-ispyitaniya/> (дата обращения: 15.02.2024).

21. Огнепреградители. Ответы на вопросы [Электронный ресурс] : URL: <https://gas-solutions.ru/articles/ognepregraditeli-otvety-na-voprosy/> (дата обращения: 02.08.2024).

22. Огнепреграждающее устройство [Электронный ресурс]. URL: <https://propb.ru/library/wiki/ognepregrazhdayushchee-ustroystvo/> (дата обращения: 15.02.2024).

23. Огнепреграждающие устройства Q-Rohr® (Q-R) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rotametr.ru/products/razryvnye-membrany/plamyagasiteli/ognepregrazhdayushchie-ustroystva-q-box-1.html> (дата обращения: 18.09.2024).

24. Огнепреграждение [Электронный ресурс]. – URL: <https://kompmat.ru/flame-arresting> (дата обращения: 09.08.2024).

25. Основные методические положения по расчету экономической эффективности новой пожарной техники и оборудования [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/7258749/page:20/> (дата обращения: 09.08.2024).

26. Пучков В.А., Дагиров Ш.Ш, Агафонов А.В. Пожарная безопасность : учебник для ВУЗов. М. : Академия ГПС МЧС России, 2019. 877 с.
27. Пучков В.А, Боровик С.И. Пожарная безопасность: учебное пособие к практическим занятиям / Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. 160 с.
28. Принципы обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/printsipyi-obespecheniya-pozharnoy-bezopasnosti-zdaniy-i-sooruzheniy/> (дата обращения: 29.09.2024).
29. Производственные услуги [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157753> (дата обращения: 29.09.2024).
30. Расчет огнепреградителя по методу я. Б. Зельдовича [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/6459204/page:31/> (дата обращения: 29.10.2024).
31. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 29.07.2017). URL: <http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N-123-FZ/> (дата обращения: 23.07.2024).
32. Устройство и принцип работы огнепреградителя [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pnsk-online.ru/news/poleznaya-informatsiya/ustroystvo-i-printsip-raboty-ognepregraditelya/> (дата обращения: 09.08.2024).
33. Собурь С.В. Пособие по определению пределов огнестойкости строительных конструкций, параметров пожарной опасности материалов. Порядок проектирования огнезащиты. Справочный материал. М.: ПожСпас, 2015.
34. Троценко А.А., Коновалова И.И. Физико-химическое обоснование выбора огнепреградителей // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2017. № 4 (58) С. 128-130.

35. Филимонов В.П. Тенденции развития рынка материалов для пассивной огнезащиты // Пожаровзрывобезопасность. 2003. №4. С. 49-55.
36. Физические модели горения в системе предупреждения пожаров: учеб. пособие / Я.С. Киселев [и др.]. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-т МВД России, 2000. 264 с.
37. Экспериментальные методы физики взрыва и удара: учеб. пособие / С. Г. Андреев, М. М. Бойко, В. В. Селиванов - М.: Физматлит, 2013. 752 с.
38. Qiu, X.; Wei, Y.; Li, N.; Guo, A.; Zhang, E.; Li, C.; Peng, Y.; Wei, J.; Zang, Z. Development of an early warning fire detection system based on a laser spectroscopic carbon monoxide sensor using a 32-bit system-on-chip. *Infrared Phys. Technol.* 2019,96, 44–51.
39. Ravikumar, K.; Chiranjeevi, P.; Devarajan, N.M.; Kaur, C.; Taloba, A.I. Challenges in internet of things towards the security using deep learning techniques. *Meas. Sens.* 2022, 24, 100473.
40. Aryavalli, S.N.G.; Kumar, H. Top 12 layer-wise security challenges and a secure architectural solution for Internet of Things. *Comput. Electr. Eng.* 2023,105, 108487.
41. Zhang, Y.; Geng, P.; Sivaparthipan, C.; Muthu, B.A. Big data and artificial intelligence based early risk warning system of fire hazard for smart cities. *Sustain. Energy Technol. Assess.* 2021,45, 100986.
42. Pan, Q.; Luo, W.; Fu, Y. A csQCA study of value creation in logistics collaboration by big data: A perspective from companies in China. *Technol. Soc.* 2023,41, 102114.