

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Совершенствование противопожарной защиты участка покраски автосервисного предприятия «Гермес Авто»

УДК 614.841.1:629.3.083.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г81	Янгалов Александр Павлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Лизунков В.Г.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП 20.03.01 «Техносферная безопасность»	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2022 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
НАПРАВЛЕНИЯ 20.03.01 – «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-5	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
ПК(У)-6	Способность принимать участие в установке (монтаже), эксплуатации средств защиты
ПК(У)-7	Способность организовывать и проводить техническое обслуживание, ремонт, консервацию и хранение средств защиты, контролировать состояние используемых средств защиты, принимать решения по замене (регенерации) средства защиты
ПК(У)-8	Способность выполнять работы по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовывать, планировать и реализовывать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения безопасности объектов защиты

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ С.А. Солодский
« ___ » _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
17Г81	Янгалову Александру Павловичу

Тема работы:

Совершенствование противопожарной защиты участка покраски автосервисного предприятия «Гермес Авто»

Утверждена приказом директора (дата, номер) от 02.02.2022 г. № 33-42/с

Срок сдачи студентами выполненной работы: 15.06.2022 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе:	Автосервисное предприятие «Гермес Авто», адрес: г. Междуреченск, ул. Весенняя д. 24А. Этажность – 1, общая площадь – 992 м ² , класс функциональной пожарной опасности Ф 5.1. Здание имеет IIIa степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С0. Система пожаротушения отсутствует. Наибольшая работающая смена составляет 26 человек.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов:	1. Провести литературный обзор по обеспечению пожарной безопасности при производстве окрасочных работ. 2. Дать характеристику исследуемого объекта и проанализировать состояние системы его противопожарной защиты. 3. Провести анализ пожарной опасности технологического процесса окраски в автосервисе «Гермес Авто». 4. Разработать мероприятия по повышению пожарной безопасности объекта защиты.

Перечень графического материала:	1. План размещения модулей АУГП (1 лист А4). 2. План размещения молниеприёмной сетки (1 лист А4)
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г., к.пед.н.
Социальная ответственность	Солодский С.А., к.т.н.
Нормоконтроль	Деменкова Л.Г., к.пед.н.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Реферат

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г81	Янгалов А.П.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 90 стр., содержит 4 рис., 7 табл., 51 источник, 2 приложения.

Ключевые слова: ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА, ПРЕДПРИЯТИЯ АВТОСЕРВИСА, ГАЗОВОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ, МОЛНИЕЗАЩИТА.

Объектом исследования является автосервисное предприятие «Гермес Авто» г. Междуреченска Кемеровской области-Кузбасса.

Предмет исследования: противопожарная защита участка покраски автосервисного предприятия «Гермес Авто».

Цель работы: анализ и совершенствование системы противопожарной защиты участка покраски автосервисного предприятия «Гермес Авто».

Задачи работы:

- провести литературный обзор по обеспечению пожарной безопасности при производстве окрасочных работ;
- дать характеристику исследуемого объекта и проанализировать состояние системы его противопожарной защиты;
- провести анализ пожарной опасности технологического процесса окраски в автосервисе «Гермес Авто»;
- разработать мероприятия по повышению пожарной безопасности объекта защиты.

Abstract

The final qualification work is made on 90 pages, contains 4 figures, 7 tables, 51 sources, 2 appendices.

Keywords: FIRE SAFETY, FIRE PROTECTION, CAR SERVICE ENTERPRISES, GAS FIRE EXTINGUISHING, LIGHTNING PROTECTION.

The object of the study is the car service company "Hermes Auto" of Mezhdurechensk, Kemerovo region-Kuzbass.

Subject of research: fire protection of the painting area of the car service company "Hermes Auto".

The purpose of the work: analysis and improvement of the fire protection system of the painting area of the car service company "Hermes Auto".

Tasks of the work:

- to conduct a literature review on fire safety during the production of painting works;
- to characterize the object under study and analyze the state of its fire protection system;
- to analyze the fire hazard of the technological process of painting in the car service "Hermes Auto";
- develop measures to improve the fire safety of the object of protection.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования».

ГОСТ 12.3.002-2014 «Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные».

ГОСТ 12.4.009-83 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объекта».

Перечень сокращений:

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

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

АКБ – аккумуляторная батарея

СПС – автоматическая установка пожарной сигнализации

ДИП – дымовой пожарный извещатель

ИПР – извещатель пожарный ручной

НПБ – нормы пожарной безопасности

ПУЭ – правила устройства электроустановок

ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкости

ГЖ – горючая жидкость

НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени

ВКПР – верхний концентрационный предел распространения пламени

АУГП – автоматическая установка газового пожаротушения

ГОС – газовые огнетушащие составы

ГОТВ – газовые огнетушащие вещества

ППЗ – противопожарная защита

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения

ЧС – чрезвычайная ситуация

Оглавление

	С.
Введение	11
1 Обеспечение пожарной безопасности на участках покраски	13
1.1 Статистика пожаров	13
1.2 Нормативная база пожарной безопасности окрасочных помещений	15
1.3 Требования к технологическому процессу	18
1.4 Требования к помещениям окрасочных участков	19
1.5 Выводы по главе 1	22
2 Характеристика объекта исследования	23
2.1 Общее представление об объекте исследования	23
2.2 Анализ системы пожарной безопасности автосервиса «Гермес Авто»	23
2.2.1 Проходы, проезды и подъезды к объекту. Источники противопожарного водоснабжения	23
2.2.2 Предел огнестойкости и пожарная опасность строительных конструкций	24
2.2.3 Системы обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией	25
2.2.4 Первичные средства пожаротушения	27
2.3 Выводы по главе 2	28
3 Расчеты и аналитика	29
3.1 Анализ пожарной опасности участка покраски	29
3.1.1 Анализ пожарной опасности обращающихся в технологическом процессе веществ и материалов	29
3.2 Оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования	31
3.3. Расчет избыточного давления взрыва среды в аппарате	34

3.4	Оценка возможности образования горючей среды при выходе веществ наружу из технологического оборудования	37
3.4.1	Пожарная опасность выхода горючих веществ из нормально работающего технологического оборудования	37
3.4.2	Пожарная опасность выхода горючих веществ из поврежденного технологического оборудования	40
3.5	Анализ возможных причин и условий возникновения источников зажигания	44
3.5.1	Потенциальные источники зажигания	45
3.5.2	Оценка возможности источника зажигания в виде перегретого подшипника	46
3.5.3	Оценка зажигательной способности искры	47
3.6	Определение возможных причин и условий для распространения пожара	50
3.7	Расчет категории помещения окраски	51
3.8	Определение категорий краскоприготовительного помещения	56
3.9	Расчет автоматической установки газового пожаротушения обслуживающей участки окраски	59
3.10	Разработка молниезащиты здания автосервиса «Гермес Авто»	63
3.11	Выводы по главе 3	65
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	66
4.1	Экономическое обоснование выбранного варианта противопожарной защиты объекта	66
4.2	Выводы по главе 4	70
5	Социальная ответственность	72
5.1	Описание рабочего места сотрудника автосервиса «Гермес Авто»	72
5.2	Вредные производственные факторы	72
5.2.1	Вредные вещества в воздухе рабочей зоны	72
5.2.2	Расчет вытяжного зонта	73

5.3	Анализ выявленных опасных факторов	75
5.3.1	Пожароопасность	75
5.4	Охрана окружающей среды	76
5.5	Защита в чрезвычайных ситуациях	77
5.6	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
5.6	Выводы по главе 5	78
	Заключение	80
	Список использованных источников	82
	Приложение А	89
	Приложение Б	90

Введение

Процессы окраски и сушки имеют широкое распространение во всех отраслях промышленности. Окраска применяется для защиты изделий от коррозии и гниения и придания им красивого внешнего вида. Сушка позволяет придать материалам необходимые свойства, удешевить транспортировку, удлинить сроки хранения. Чаще всего сушка следует непосредственно за окраской изделий или материалов. Процессы окраски и сушки, как правило, характеризуются высокой пожарной опасностью.

Автосервисы входят в повышенную зону риска по возникновению пожаров, они связаны с применением, хранением легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ и материалов. При проведении технического обслуживания и ремонта машин слесари обращаются с топливно-смазочными материалами, красками, газами и другими веществами, в которых заключена возможность возникновения и развития пожара. Во избежание возникновения пожара при обращении с указанными материалами и веществами требуется, чтобы рабочие места и помещение, в которых они размещены, были оборудованы системами противопожарной защиты. Возрастающий автомобильный парк и увеличивающееся число автосервисных предприятий делают актуальной проблему организации пожарной безопасности на таких объектах.

Объектом исследования является автосервисное предприятие «Гермес Авто» г. Междуреченска Кемеровской области-Кузбасса.

Предмет исследования: противопожарная защита участка покраски автосервисного предприятия «Гермес Авто».

Цель работы: анализ и совершенствование системы противопожарной защиты участка покраски автосервисного предприятия «Гермес Авто».

Задачи работы:

- провести литературный обзор по обеспечению пожарной безопасности

при производстве окрасочных работ;

- дать характеристику исследуемого объекта и проанализировать состояние системы его противопожарной защиты;

- провести анализ пожарной опасности технологического процесса окраски в автосервисе «Гермес Авто»;

- разработать мероприятия по повышению пожарной безопасности объекта защиты.

1 Обеспечение пожарной безопасности на участках покраски

1.1 Статистика пожаров

Под окраской понимается процесс нанесения лакокрасочных материалов на подготовленную поверхность изделия. Предприятия с участками покраски характеризуются наличием условий повышенной пожарной опасности: применением горючих и легковоспламеняющихся жидкостей; емкостями и аппаратами, в которых находятся пожароопасные продукты под давлением; значительной насыщенностью электроустановками и др. Основные причины пожаров на участках покраски согласно статистическим данным МЧС РФ представлены на рис. 1 [1].

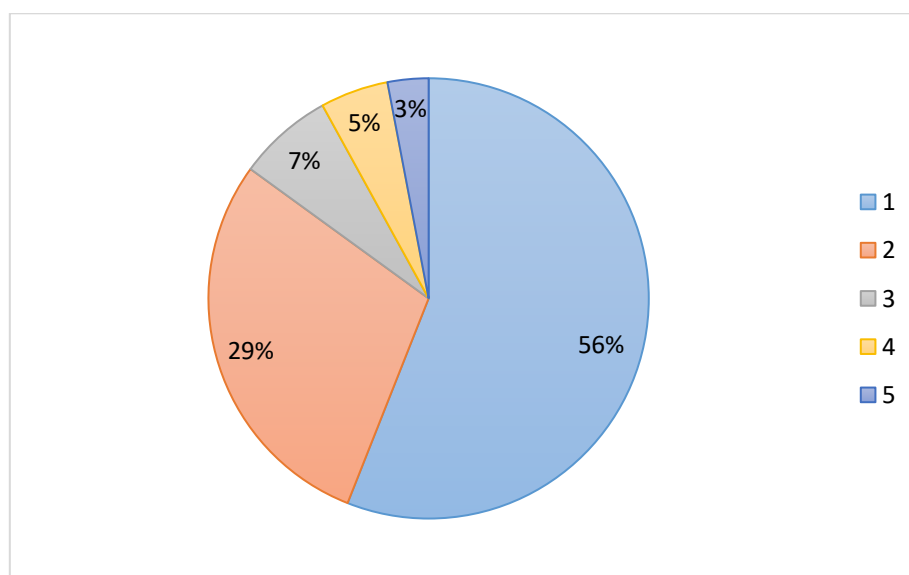


Рисунок 1 – Основные причины пожаров на участках покраски:

1 – повреждение электрооборудования; 2 – самовоспламенение отходов красок; 3 – перегревание трущихся деталей; 4 – нарушение правил пожарной безопасности при проведении работ с огнем; 5 – разряды статического электричества.

В качестве других причин пожаров выделяют нарушение норм и правил хранения пожароопасных материалов, неосторожное обращение с огнем, использование открытого огня факелов, паяльных ламп, курение в запрещенных местах, невыполнение противопожарных мероприятий по

оборудованию пожарного водоснабжения, пожарной сигнализации, обеспечения первичными средствами пожаротушения и др.

Пожарная опасность процессов окраски обусловлена свойствами применяемых лакокрасочных материалов, в составе которых находится 50...60% и даже 70...80% легковоспламеняющихся растворителей, большим количеством образующихся при испарении растворителей паров, наличием источников зажигания и разветвленных путей распространения начавшегося пожара. Важнейшей мерой против образования горючей среды является устройство вентиляции с целью отсоса паров из мест окраски изделий. Поэтому предусматривается проводить окраску в камерах с постоянным воздухообменом или в непосредственной близости от заборных устройств воздуховодов, отсасывающих пары легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ). Лакокрасочные материалы, уносимые вентилируемым воздухом, улавливаются при помощи фильтров или распыленной воды, очищаемой в ловушках. Вентиляционная система должна иметь автоматическую блокировку, обеспечивающую прекращение подачи краски при остановке вентилятора.

Большое значение имеет скорость движения воздуха через рабочие проемы окрасочных кабин. Она должна быть выше, чем скорость диффузии паров растворителей в сторону цеха.

Важным направлением по уменьшению пожарной опасности процессов окраски является замена легковоспламеняющихся и горючих веществ на пожаробезопасные. Например, олифу можно заменить эмульсионными разбавителями (вода с эмульгатором – мылом); применять водорастворимые бакелитовые лаки и негорючие хлорированные углеводородные растворители (трихлорэтан, четыреххлористый углерод).

Специфическими источниками зажигания в процессах окраски являются искры удара и самовозгорание отходов, в состав которых входят нитролаки, льняное масло, эмаль, а также самовозгорание отложений лакокрасочных материалов в воздуховодах. Поэтому профилактическими мероприятиями предусматривается:

- 1) удаление из помещений отходов лакокрасочных материалов;
- 2) очищение воздуховодов от отложений лакокрасочных материалов;
- 3) отсутствие искр удара и трения при работе вентиляторов и при пользовании инструментом.

В окрасочных цехах возникший пожар может получить быстрое распространение и развитие. Этому способствует:

- наличие горючего окрасочного материала;
- горючесть самих окрашенных изделий, по которым может распространиться горение;
- вентиляционная система, по которой пламя может распространиться в смежные помещения при их наличии.

Поэтому мерами пожарной профилактики предусматривается:

- ограничение количества горючих материалов и веществ, находящихся непосредственно в окрасочных цехах;
- прокладка вентиляционных воздуховодов по кратчайшему пути непосредственно наружу или в очистительные устройства;
- устройство огнепреградителей и огнезадерживающих заслонок;
- очистка кабин от отходов, а воздуховодов от отложений лакокрасочных материалов [2].

1.2 Нормативная база пожарной безопасности окрасочных помещений

Законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности основывается на Конституции Российской Федерации [3]. Базу законодательного регулирования обеспечения пожарной безопасности составляет Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [4], в котором законодательно закреплены технические требования как к объектам защиты, так и к техническим средствам наблюдения и контроля. В соответствии с этим законом, система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты

включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, если в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных Федеральным законом N 123-ФЗ [4].

Федеральный закон N 69-ФЗ [5] регламентирует надлежащие технические условия, требования по содержанию зданий, в т.ч. инженерных сетей, систем, включая наружное, внутреннее противопожарное водоснабжение, установки сигнализации о пожаре, порядок содержания, сроки перезарядки огнетушителей.

При организации пожарной безопасности на объекте руководствуются правилами противопожарного режима в РФ, утвержденными 16.09.2020 г. постановлением Правительства РФ N 1479 [6]. В них содержатся указания по всем направлениям пожарной безопасности (ПБ), начиная от инструктажей и заканчивая требованиями пожарной безопасности на конкретных типах объектов.

На региональном уровне действует закон Кемеровской области – Кузбасса «Об обеспечении пожарной безопасности» от 06.10.1997 г. N 33-ОЗ [7]. Законодательство Кемеровской области в сфере пожарной безопасности состоит из настоящего Закона и принимаемых в соответствии с ним иных нормативных правовых актов Кемеровской области.

Вышеперечисленными нормативными документами следует руководствоваться при составлении локальной объектовой документации – инструкций по ПБ, планов пожаротушения, эвакуации, программ проведения инструктажей и др.

Конкретные требования пожарной безопасности к зданиям и помещениям содержатся в сводах правил по пожарной безопасности, в результате добровольного применения которых обеспечиваются требования Федерального закона N 123-ФЗ:

- СП 118.13330.2012 – о зданиях, сооружениях общественного назначения, в том числе об общежитиях коридорного/гостиничного типа для студентов [8];

- СП 484.1311500.2020 – о требованиях ПБ к проектированию автоматических установок пожаротушения и автоматических установок пожарной сигнализации [9];

- СП 3.13130.2009 – о требованиях ПБ к проектированию СОУЭ [10];

- СП 7.13130.2013 – о требованиях ПБ к отоплению, кондиционированию, вентиляции зданий [11].

Для выбора автоматических установок пожарной сигнализации руководствуются Приказом МЧС РФ от 18.06.2003 г. N 315 (НПБ 110-03)» [12] и Приказом МЧС РФ от 20.06.2003 г. N 323 «Об утверждении норм пожарной безопасности «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» (НПБ 104-03)» (с изменениями и дополнениями) [13].

Организацию и выполнение окрасочных работ следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.002-2014 «ССБТ. Процессы производственные» [14], а так же согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания» [15].

Окрасочные работы должны быть безопасными на всех стадиях:

- подготовки поверхности изделий под окрашивание – включая удаление ржавчины, окалины, старых покрытий, обезжиривание и нанесение преобразователей ржавчины;

- нанесения лакокрасочных материалов – включая приготовление рабочих составов, мойку и чистку тары, рабочих емкостей, производственного оборудования, инструмента и защитных средств;

- сушки лакокрасочных покрытий – оплавления покрытий из порошковых полимерных красок;

- обработки поверхности лакокрасочных покрытий – шлифования, полирования [16].

При проведении окрасочных работ должны быть предусмотрены меры, устраняющие условия возникновения взрывов и пожаров в технологических установках (камерах, аппаратах), производственных помещениях, на производственных площадках вне помещений и меры защиты работающих от возможного действия опасных и вредных факторов.

1.3 Требования к технологическому процессу

Окрасочные работы необходимо проводить в соответствии с нормативно-технической документацией на технологические процессы, утвержденной в установленном порядке. Окрасочные работы следует выполнять в окрасочных цехах, на специальных установках, в камерах или на площадках, оборудованных принудительной вентиляцией (местной и общей приточно-вытяжной) и средствами пожарной техники по ГОСТ 12.4.009-83 «ССБТ. Пожарная техника для защиты объекта» [17]. Устройство вентиляции должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.04.021-75 «ССБТ. Системы вентиляционные» [18]. В установках и камерах следует поддерживать условия, предотвращающие выход вредных выделений наружу и распространение по помещениям окрасочных цехов (участков).

Местные системы вытяжной вентиляции от камер и постов окрашивания, а также установок сухого шлифования покрытий должны быть оборудованы устройствами, предотвращающими загрязнение воздухопроводов горючими отложениями и блокировками, обеспечивающими подачу рабочих составов к распылителям только при работающих вентиляционных агрегатах согласно ГОСТ 12.3.005-75 «ССБТ. Работы окрасочные» [19].

При проектировании новых и реконструкции действующих окрасочных цехов и участков необходимо предусматривать средства механизации и автоматизации технологических операций и производственных процессов, обеспечивающие устранение опасных и снижение действия вредных

производственных факторов на работающих согласно приказу Минтруда России от 2 декабря 2020 года N 849н [20].

При выполнении окрасочных работ следует обеспечивать меры и способы нейтрализации и уборки пролитых и рассыпанных лакокрасочных материалов и химикатов, а также способы эффективной очистки сбросов и выбросов.

Подготовку металлических поверхностей к окрашиванию следует проводить по ГОСТ 9.402-2004 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные». Тару, рабочие емкости и окрасочную аппаратуру следует очищать и мыть только в специально оборудованных местах, снабженных местными вентиляционными системами [21].

1.4 Требования к помещениям окрасочных участков

Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов:

- повышенная взрывопожароопасность (А);
- взрывопожароопасность (Б);
- пожароопасность (В1-В4);
- умеренная пожароопасность (Г);
- пониженная пожароопасность (Д).

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

К категории А относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные

парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

К категории Б относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

К категориям В1 – В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку.

К категории Г относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

К категории Д относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Согласно СП 486.1311500.2020 окрасочные камеры с применением ЛВЖ и горючих жидкостей (ГЖ) должны быть снабжены средствами автоматического пожаротушения независимо от их площади. В соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.005-75 «ССБТ. Работы окрасочные. Общие требования безопасности» окрасочные цеха и участки, как правило, следует располагать в одноэтажных зданиях.

В многоэтажных зданиях окрасочные цеха необходимо размещать на верхнем этаже. Не допускается размещение окрасочных цехов и участков в подвальных или цокольных помещениях. Высота помещений – не менее 5,4 м, при реконструкции старых зданий допускается высота 4,2 м. Полы помещений окрасочных цехов должны быть масло- и бензостойкими и выполнены из негорючих материалов, допускающих легкую очистку и не дающих искр при ударе.

В окрасочных цехах должно быть не менее двух эвакуационных выходов. Расстояние от наиболее удаленного рабочего места до наружного выхода или выхода на лестничную клетку должно быть не более 30 м в одноэтажных и не более 25 м в многоэтажных зданиях. Все двери цехов и участков должны открываться в сторону ближайших выходов из здания.

В помещении окрасочных цехов должно быть предусмотрено рабочее и аварийное освещение. Светильники, применяемые в окрасочных цехах, должны удовлетворять ПУЭ, а освещенность рабочих поверхностей в помещении окрасочного участка при общем освещении и использовании люминесцентных ламп должна составлять 300 лк (согласно СП 51.13330.2016).

Для исключения возникновения источников воспламенения запрещается применение открытого огня, а также искроопасных инструментов, курение. Все металлические конструкции корпусов оборудования должны быть заземлены. Из окрасочного цеха необходимо систематически убирать и утилизировать промасленные обтирочные материалы и другие самовозгорающиеся вещества. Помещения окрасочных цехов должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией. Отверстия для забора или

выброса воздуха должны быть расположены в местах, исключающих возможность попадания в эти зоны искр. Приточные вентиляционные установки должны быть снабжены автоматическими обратными клапанами, установленными на нагнетательных воздуховодах в пределах вентиляционной камеры [22].

Окрасочные отделения площадью 500 м² и более, окрасочные и сушильные камеры должны оборудоваться автоматическими установками пожаротушения. Окрасочные отделения площадью менее 500 м² должны оборудоваться пожарной сигнализацией, а также телефонной связью [28]

1.5 Выводы по главе 1

Предприятия с участками покраски характеризуются наличием условий повышенной пожарной опасности: применением горючих и легковоспламеняющихся жидкостей; значительной насыщенностью электроустановками и др.

При проведении окрасочных работ должны быть предусмотрены меры, устраняющие условия возникновения взрывов и пожаров в технологических установках, производственных помещениях и меры защиты работающих от действия опасных и вредных производственных факторов. Окрасочные работы следует выполнять в окрасочных цехах на специальных установках, в камерах или на площадках, оборудованных принудительной вентиляцией (местной и общей приточно-вытяжной) и средствами пожарной техники.

Окрасочные цехи, участки и вспомогательные помещения по объемно-планировочным и конструктивным решениям должны соответствовать требованиям нормативной документации.

2 Характеристика объекта исследования

2.1 Общее представление об объекте исследования

Объектом исследования является автосервисное предприятие «Гермес Авто». Объект исследования расположен по адресу: г. Междуреченск, ул. Весенняя д. 24А. Это одноэтажное здание, общая площадь – 992 м², фундамент бетонный с заглублением 60 см. Боксы из сэндвич-панелей на металлическом каркасе.

Согласно ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» автосервис относят к классу функциональной пожарной опасности Ф 5.1. Здание имеет III а степень огнестойкости (здание преимущественно с каркасной конструктивной схемой), класс конструктивной пожарной опасности С0. Оборудовано системой вытяжки воздуха, водоснабжение, теплоснабжение, электроснабжение. Система пожаротушения отсутствует.

Наибольшая работающая смена составляет 26 человек. Пожарная нагрузка в здании представляет собой: лакокрасочные материалы, оборудование для проведения лакокрасочных работ, персональный компьютер.

2.2 Анализ системы пожарной безопасности автосервиса «Гермес Авто».

2.2.1 Проходы, проезды и подъезды к объекту. Источники противопожарного водоснабжения

В целях обеспечения возможности проезда пожарных машин и доступа пожарных в любое помещение здания автосервиса, вокруг здания запроектированы и эксплуатируются проезды с твердым покрытием шириной 3,3 м. Подача воды на тушение возможного пожара предусматривается от существующих пожарных кранов, которые расположены на путях эвакуации.

Расчётное время прибытия подразделения пожарной охраны при средней скорости движения 60 км/ч, составляет около 2–3 мин, учитывая, что расстояние до ближайшего подразделения – 2 км. Данное время соответствует требованиям ФЗ-123 (в городских поселениях не должно превышать 10 мин).

2.2.2 Предел огнестойкости и пожарная опасность строительных конструкций

Пределы огнестойкости строительных конструкций согласно Федеральному закону N 123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также фактические значения на анализируемом объекте приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Предел огнестойкости строительных конструкций зданий

Наименование строительных конструкций	Предел огнестойкости	
	Требуемый	Фактический
Несущие элементы здания	R 45	R 45
Наружные несущие стены	E 15	E 15
Элементы покрытия		
Настилы (в том числе с утеплителем)	RE 15	RE 15
Фермы, балки, прогоны	R 15	R 15

Анализ данных табл. 2 позволяет сделать вывод, что в автосервисе применяются строительные конструкции с пределом огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требованиям ФЗ-123. Здание имеет III а степень огнестойкости. Степень огнестойкости здания установлена в зависимости от этажности, класса функциональной пожарной опасности, пожарной опасности. Строительные конструкции, применяемые в здании, не способствуют скрытому распространению горения.

2.2.3 Системы обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией

С целью организации эвакуации людей из автосервиса, здание оборудовано системами автоматической пожарной сигнализации и оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в соответствии с проектной документацией.

Технические средства пожарной сигнализации обеспечивают:

- выдачу сигнала «пожар» при срабатывании пожарных извещателей;
- выдачу сигналов «неисправность» при нарушении или отказе системы;
- круглосуточный контроль пожарной обстановки на объекте.

В качестве исполнительных устройств пожарной сигнализации используются извещатели пожарные дымовые «ИП 212-45» и извещатели пожарные ручные «ИПР 513-10» (рис. 2).



а



б

Рисунок 2 – Извещатели пожарные:

а – дымовой «ИП-212-45»; б – ручной электронный «ИПР-513-10»

Извещатель пожарный дымовой оптико-электронный ИП 212-45 предназначен для раннего обнаружения загорания, сопровождающегося появлением дыма малой концентрации. Питание извещателя и передача сигнала «Пожар» осуществляется по двухпроводному шлейфу сигнализации и сопровождается включением оптического индикатора [29].

Извещатель пожарный ручной электроконтактный ИПР 513-10 предназначен для ручной подачи сигнала «Пожар» в системах пожарной и охранно-пожарной сигнализации [30].

Технические характеристики пожарного дымового извещателя типа «ИП-212-45» приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Извещатель пожарный дымовой «ИП-212-45»

Параметр	Значение
Чувствительность извещателя, дБ/м	0,05–0,2
Инерционность срабатывания, не более, с	9
Ток потребления в дежурном режиме, мА	0,04
Габаритные размеры извещателя, мм	93×44
Средний срок службы, не менее, лет	10
Температура окружающей среды, °С	От минус 45 до плюс 55
Степень защиты корпуса	IP30

ИПР 513-10 предназначен для работы с любыми приемно-контрольными приборами, обеспечивающими напряжение питания в шлейфе сигнализации в диапазоне от 9 до 30 В и воспринимающими сигнал сработки ИПР в виде скачкообразного уменьшения внутреннего сопротивления извещателя до величины не более 500 Ом [31]. Технические данные приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Основные технические характеристики «ИПР-513-10»

Параметр	Значение
Световая индикация	«Дежурный режим»; «Пожар»
Габаритные размеры, мм	88×85×45
Потребляемый ток, не более, мА	0,5
Степень защиты	IP41
Диапазон рабочих температур, °С	От минус 40 до плюс 60

Оповещатели световые «Молния-12» (световое табло «ВЫХОД») устанавливаются по путям эвакуации и у эвакуационных выходов (рис. 3). Табло «Выход» предусмотрено постоянно горящим, при сигнале «Пожар» начинает прерывисто мигать [32].



Рисунок 3 – Оповещатель световой «Молния-12»

Включение оповещателя происходит после подачи питающего напряжения. Корпус оповещателя выполнен разборным для возможной замены надписи. Основные технические характеристики оповещателя светового «Молния-12» представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Основные технические характеристики оповещателя светового «Молния-12»

Параметр	Значение
Ток потребления, мА	26
Диапазон рабочих температур, °С	От минус 30 до плюс 55
Габаритные размеры, мм	304×103×19
Масса, кг	0,22
Степень защиты	IP52

2.2.4 Первичные средства пожаротушения

Номенклатура, количество и места размещения первичных средств пожаротушения в здании определены в зависимости от вида горючего материала, объемно-планировочных решений здания, параметров окружающей среды.

В автосервисе находятся следующие первичные средства пожаротушения: огнетушители порошковые ОП-4 (1 шт.), углекислотный ОУ-25 (1 шт.), огнетушитель порошковый ОП-100 (3 шт.) Огнетушители промаркированы. На каждый огнетушитель оформляется паспорт. Заведены журналы учета наличия, проверки и состояния первичных средств пожаротушения. Локальным приказом назначен ответственный за приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения. Места размещения первичных средств обозначены знаками пожарной безопасности.

2.3 Выводы по главе 2

При анализе пожарной безопасности автосервисного предприятия «Гермес Авто» установлено, что в целом противопожарная защита в удовлетворительном состоянии. Однако учитывая высокую пожарную нагрузку и возможности собственника предприятия, есть необходимость проектирования автоматической установки пожаротушения (АУПТ) с последующей разработкой рекомендаций по её внедрению.

Также при проведении анализа противопожарной защиты исследуемого объекта выяснилось, что организационные мероприятия по пожарной безопасности проводятся формально. В связи с этим необходимы мероприятия по разработке инженерно-технических решений по повышению эффективности систем противопожарной защиты объекта. Эксплуатация автосервисных предприятий, как правило, связана с необходимостью защиты объекта автоматическими системами противопожарной защиты различных видов (система пожарной сигнализации, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, автоматические установки пожаротушения и др.) [31].

На исследуемом объекте планируется повышение эффективности противопожарной защиты путем:

- установки автоматической системы газового пожаротушения;
- проекта молниезащиты.

3 Расчеты и аналитика

3.1 Анализ пожарной опасности на участке покраски

Пожарная безопасность любого технологического процесса в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 [33] обеспечивается системами предотвращения пожара и противопожарной защиты. Разработка таких систем осуществляется исходя из анализа пожарной опасности технологических процессов, который осуществляется поэтапно согласно ГОСТ Р 12.3.047-2012 [34] по следующей схеме:

- анализ пожарной опасности обращающихся в технологическом процессе веществ и материалов;
- оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования при нормальной работе и при выходе веществ наружу из технологического оборудования;
- анализ возможных причин и условий инициирования горения;
- определение возможных причин и условий для распространения пожара;
- расчет категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной опасности. В той же последовательности проведем анализ пожарной опасности технологического процесса окраски в автосервисе «Гермес Авто».

3.1.1 Анализ пожарной опасности обращающихся в технологическом процессе веществ и материалов

В процессе производства в автосервисе «Гермес авто» для окраски используются лакокрасочные материалы, растворители, вспомогательные составы. Эмаль МС-17 (ТУ 6-10-1012-78) представляет собой суспензию пигментов двуокиси титана и сажи в алкидном лаке с добавлением

синтетических кислот. Грунт ФЛ-03К (ГОСТ 9109-81) представляет собой суспензию пигментов и наполнителей в лаках на основе фенолформальдегидных смол с добавлением растительных масел и растворителей.

Пожароопасные свойства лакокрасочных материалов в значительной степени определяются свойствами растворителей и разбавителей, содержание которых в лакокрасочных материалах может составлять 80 % и более. В большинстве случаев растворители и разбавители представляют собой легковоспламеняющиеся жидкости с низкими значениями НКПР (от 1 до 2,6%) и широкими температурными диапазонами воспламенения (от минус 36 до 60 °С). В качестве растворителя применяется сольвент нефтяной (ГОСТ 10214-78), представляющий собой бесцветную летучую жидкость.

Показатели пожаровзрывоопасности применяемых в цехе веществ приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Оценка пожарной опасности веществ, обращающихся в производстве

Наименование вещества	Показатели пожарной опасности							
	Группа горючести	$t_{всп},$ °С	$t_{вос},$ °С	$t_{св},$ °С	$\Phi_{н},$ % об	$\Phi_{в},$ % об	$t_{н},$ °С	$t_{в},$ °С
Эмаль МС-17	ЛВЖ	28	47	509	–	–	23	59
Лак ПФ-283	ЛВЖ	33	43	272	–	–	31	51
Растворитель (сольвент)	ЛВЖ	21-34	83	520	1,0	8,0	21	56
Грунтовка ФЛ-03К	ЛВЖ	23	24	416	–	–	29	59
Шпатлевка ЭП-0010	Трудногорючее вещество	–	–	333	–	–	–	–
Тринатрий фосфат	Негорючее вещество	–	–	–	–	–	–	–

Как видно из табл. 5, большинство веществ являются пожароопасными, т.к. относятся к легковоспламеняющимся жидкостям. Такие вещества, как грунтовка ФЛ-03К, эмаль МС-17, сольвент в соответствии с классификацией

ГОСТ 12.1.044-89 [37] составляют группу особо опасных веществ, поэтому при их применении возникает реальная опасность образования горючей среды как внутри технологического оборудования, так и в производственных помещениях окрасочного цеха.

3.2 Оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования

Горючая смесь может образовываться как в окрасочных камерах, так и в сушильных камерах. В окрасочных камерах горючие паровоздушные смеси будут образовываться в том случае, если выполняется неравенство:

$$p \geq (t_{\text{всп}} - 10) \quad (1)$$

где p – рабочая температура лакокрасочного материала, °С;

$t_{\text{всп}}$ – температура вспышки лакокрасочного материала, °С.

Способ окраски изделий путем пневматического распыления лакокрасочных материалов представляет серьезную пожарную опасность. При данном способе окраски создаются наиболее благоприятные условия для образования горючей среды вследствие того, что при распылении лакокрасочного материала происходит интенсивное испарение растворителей в объеме окрасочной камеры. В соответствии с данными технологического регламента рабочая концентрация внутри окрасочной камеры составляет по сольвенту 0,3968 г/м³.

В рабочих емкостях установок окраски в краскоприготовительном отделении горючая среда может образовываться в объеме закрытых аппаратов с жидкостью. В производственных условиях аппараты с жидкостью не заполняются полностью и над зеркалом жидкости имеется свободный объем, который насыщается парами жидкости. При таких условиях количество паров в свободном пространстве может быть достаточным для образования в смеси с воздухом концентрации, равной нижнему концентрационному пределу

распространения пламени (НКПРП). Кроме того, воспламенение возможно при выполнении условия:

$$(t_{\text{нтпрп}} - 10) \leq t_p \leq (t_{\text{втпрп}} + 15) \quad (2)$$

где $t_{\text{нтпрп}}$ – нижний температурный предел распространения пламени лакокрасочного материала, °С;

$t_{\text{втпрп}}$ – верхний температурный предел распространения пламени лакокрасочного материала, °С.

Расчёты по формулам (1) и (2) приведены в табл. 6.

Таблица 6 – Оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования

Аппарат	Наличие паровоздушного пространства	Температуры, °С				Заключение о возможности образования горючей среды
		$t_p, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{всп}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{нтпрп}}-10, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{втпрп}}+15, ^\circ\text{C}$	
Насос подачи сольвента	Нет	20	21	11	71	не образуется
Мерник сольвента	Есть	20	21	11	71	образуется
Смеситель растворитель	Есть	40	21	11	71	образуется
Бункер полуфабриката	Есть	20	23	13	74	образуется
Насос подачи краски	Нет	20	21	11	71	не образуется
Фильтр	Нет	20	21	11	71	не образуется
Расходные емкости готовой краски	Есть	20	21	11	71	образуется
Насос готовой краски	Нет	20	21	11	71	не образуется
Окрасочная камера в стадии окраски	Есть	20	21	11	71	образуется
Окрасочная камера в стадии сушки	Есть	–	21	11	71	образуется

Определим возможность образования горючей среды внутри мерника растворителя, используя концентрационные пределы распространения пламени. Концентрация паров жидкости, образовавшихся в аппарате, может быть определена по следующей формуле:

$$\varphi_p = \frac{P_s}{P_p} \quad (3)$$

где P_p – рабочее давление паровоздушной смеси в аппарате, Па.

P_s – давление насыщенного пара жидкости при рабочей температуре, Па.

Величину давления насыщенного пара можно определить по справочным данным или используя уравнение Антуана:

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{t_p + C_A}\right)} \quad (4)$$

где A , B и C_A – константы, зависящие от свойств жидкости, приведены в справочной литературе [37]

Рассчитываем давление насыщенного пара для растворителя-сольвента согласно данным [37]:

$$\lg P_s = 6,2276 - \frac{1529,33}{226,679 + t_p}$$

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(6,2276 - \frac{1529,33}{226,679 + 20}\right)} = 1066 \text{ Па.}$$

Подставляем полученное значение в формулу (3) и рассчитываем концентрацию паров растворителя-сольвента в мернике:

$$\varphi_p = \frac{1066}{10^5} = 1,1\% \text{ об.}$$

Проверяем условие возможности образования горючей среды в мернике сольвента. Для этого в справочнике [37] находим значения нижнего и верхнего пределов распространения пламени для сольвента: $\varphi_{\text{нкпрп}}=1\% \text{ об.}$; $\varphi_{\text{вкпрп}}=8\% \text{ об.}$ Горючая среда образуется, так как $\varphi_{\text{нкпрп}} \leq \varphi_p \leq \varphi_{\text{вкпрп}}$.

Таким образом, можно сделать вывод, что образование горючей среды возможно в мернике сольвента, в смесителе-растворителе, в бункере полуфабриката, в расходной емкости готовой краски, а также в окрасочной

камере, работающей в режимах окраски и сушки. При появлении источника зажигания в данных условиях возможен взрыв среды внутри технологического оборудования.

3.3 Расчет избыточного давления взрыва среды в аппарате

Расчет величины давления взрыва производится по формуле:

$$P_{\text{взр}} = P_p \cdot \frac{T_{\text{взр}}}{T_{\text{нач}}} \cdot \frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{исх}}} \quad (5)$$

где $P_{\text{взр}}$ – конечное давление взрыва, кПа;

P_p – начальное давление смеси, кПа;

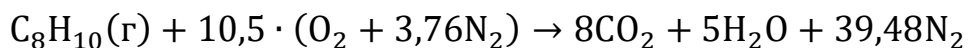
$T_{\text{взр}}$ – температура взрыва, определяется по справочным данным или расчетом, К;

$T_{\text{нач}}$ – начальная температура смеси, К;

$n_{\text{пр}}$ – сумма молей продуктов горения;

$n_{\text{исх}}$ – сумма молей исходной смеси.

Определим температуру взрыва горючей смеси в аппарате с помощью расчета. Поскольку сольвент представляет собой смесь ароматических углеводородов, главным образом ксилолов и триметилбензолов, то расчет ведется по м-ксилолу. Определим стандартную теплоту сгорания одного моля ксилола по справочной литературе [37]: $\Delta H^\circ C = -5608,9$ кДж/моль. Составим термохимическое уравнение реакции горения вещества в воздухе.



Определим разность молей продуктов горения и исходной смеси:

$$n_{\text{исх}} = 1 + 10,5 \cdot (1 + 3,76) = 50,98 \text{ моль,}$$

$$n_{\text{пр}} = 8 + 5 + 39,48 = 52,48 \text{ моль,}$$

$$\Delta n = n_{\text{пр}} - n_{\text{исх}} = 52,48 - 50,98 = 1,5 \text{ моль.}$$

Определим энергию взрыва по формуле:

$$\Delta Q_{\text{взр}} = \Delta H - R \cdot T \cdot \Delta n, \quad (6)$$

где R – универсальная газовая постоянная 8,314 Дж/(моль·К);

T – начальная температура смеси, К;

Δn – разность молей продуктов горения и исходной смеси.

$$\Delta Q_{\text{взр}} = -4597610 - 8,314 \cdot (273 + 20) \cdot 1,5 = -4601264 \text{ Дж.}$$

Определяем внутреннюю энергию продуктов взрыва, приняв начальную температуру взрыва равной 2800 К, используем данные таблицы IV ГОСТ Р 51330.9-99 [38].

$$U_1 = 8 \cdot 127279,5 + 5 \cdot 1009673 + 39,48 \cdot 70802,0 = 4318335 \text{ Дж.}$$

где 127279,5 Дж – внутренняя энергия CO_2 при 2800 К;

1009673 Дж – внутренняя энергия H_2O при 2800 К;

70802,0 Дж – внутренняя энергия N_2 при 2800 К.

Внутренняя энергия продуктов взрыва оказалась меньше энергии взрыва, значит надо принять температуру взрыва равной 3000 К и повторить расчет:

$$U_1 = 8 \cdot 138188,2 + 5 \cdot 110217,4 + 39,48 \cdot 76549,4 = 4678763 \text{ Дж.}$$

Внутренняя энергия продуктов взрыва при температуре 3000 К больше энергии взрыва, значит температуру взрыва следует определять методом интерполяции.

Температура, К	Внутренняя энергия, Дж
2800	4318335
X	4601264
3000	4678763

Таким образом, температура взрыва составит 2957 К. Определяем давление взрыва по стехиометрической концентрации:

$$P_{\text{взр}} = 101,3 \cdot \frac{2957}{(20 + 273)} \cdot \frac{52,48}{50,98} = 1052,675 \text{ кПа.}$$

Таким образом, в случае взрыва паров краски в закрытом аппарате давление возрастет более чем в десять раз, что может привести к разрушению аппарата. В качестве защиты аппаратов от разрушения при взрыве предлагается оборудовать их предохранительными мембранами. Для защиты помещений от

разрушения при взрыве предлагается выполнить наружные легкобрасываемые ограждающие конструкции.

Важным направлением по уменьшению пожарной опасности процессов окраски является замена легковоспламеняющихся и горючих растворителей, пленкообразователей и лаков на пожаробезопасные. Так, проектом предлагается заменить применяемый в технологии растворитель сольвент на уайтспирит, имеющий более низкие показатели пожарной опасности.

Произведем оценку возможности образования горючей среды в мернике, если в качестве растворителя применить уайт-спирит.

Величину давления насыщенного пара определяем по формуле (3):

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(7,13623 - \frac{2218,3}{20+273,15}\right)} = 371 \text{ Па.}$$

где A , B и C_A – константы, зависящие от свойств жидкости: $A=7,13623$; $B=2218,3$; $C_A=273,15$.

Подставляем полученное значение в формулу (2) рассчитываем концентрацию паров растворителя уайт-спирита в мернике:

$$\varphi_p = \frac{371}{10^5} = 0,0037 \text{ об. д.} = 0,37\% \text{ об.}$$

Проверяем условие возможности образования горючей среды в мернике с уайт-спиритом. Для этого в справочнике находим значения нижнего и верхнего пределов распространения пламени для уайт-спирита: $\varphi_{\text{нкпрп}}=0,7\% \text{ об.}$; $\varphi_{\text{вкпрп}}=5,6\% \text{ об.}$ Взрывобезопасные условия эксплуатации аппаратов с парами согласно ГОСТ 12.1.044-89 определяют из выражения:

$$\varphi_{\text{р.без}} \leq 0,9 \cdot (\varphi_{\text{нкпрп}} - 0,0021) \quad (7)$$

где $\varphi_{\text{р.без}}$ – взрывобезопасная концентрация горючего вещества в газопаровоздушной смеси, об. доли;

$\varphi_{\text{нкпрп}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, об. доли.

Рассчитываем взрывобезопасные условия эксплуатации мерника:

$$\varphi_{\text{р.без}} \leq 0,9 \cdot (0,007 - 0,0021) = 0,00441 \text{ об. д.} = 0,44\% \text{ об.}$$

Таким образом, рабочая концентрация паров уайт-спирита в мернике ниже НКПП, следовательно, смесь в аппарате не будет являться горючей.

3.4 Оценка возможности образования горючей среды при выходе веществ наружу из технологического оборудования

3.4.1 Пожарная опасность выхода горючих веществ из нормально работающего технологического оборудования

При нормальных режимах работы оборудования горючая среда может образовываться в том случае, если по условиям технологии применяются аппараты с открытой поверхностью испарения, аппараты с дыхательными устройствами, аппараты периодического действия и герметичные аппараты, работающие под избыточным давлением. Аппараты с дыхательными устройствами представляют собой закрытые емкости, внутренний объем которых сообщается с окружающей средой через дыхательные устройства. К таким аппаратам в данной технологии относятся мерники, емкости. Выход горючих паров из аппаратов с дыхательными устройствами происходит при увеличении температуры в газовом пространстве (малые дыхания) и в периоды их заполнения (большие дыхания). Образование горючей среды у дыхательных устройств возможно, если рабочая температура жидкости в аппарате больше или равна нижнему температурному пределу распространения пламени. С запасом надежности уравнение будет иметь вид:

$$t_{\text{раб}} \geq t_{\text{нтпрп}} - 10 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8)$$

Для мерника сольвента:

$$20 \geq 21 - 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для смесителя-разбавителя:

$$40 \geq 21 - 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Так как условие образования горючих паров для указанных аппаратов выполняется, определим количество паров выходящих наружу за один цикл «большого» дыхания и размер зоны взрывоопасной смеси с воздухом, которая может при этом образоваться.

Количество горючих паров, выходящих из сообщающегося с атмосферой («дышащего») аппарата за один цикл «большого дыхания», определяют по формуле:

$$G_{\text{б}} = V_{\text{ж}} \cdot \frac{P_{\text{р}}}{p + 273} \cdot \varphi_{\text{с}} \cdot \frac{M}{8314,31} \quad (9)$$

где $G_{\text{б}}$ – количество выходящих паров из заполняемого жидкостью аппарата, кг/цикл;

$V_{\text{ж}}$ – объем поступающей в аппарат жидкости, м^3 , величину $V_{\text{ж}}$ можно определить, зная геометрический объем аппарата $V_{\text{ап}}$ и степень его заполнения ε , $V_{\text{ж}} = \varepsilon \cdot V_{\text{ап}}$;

$P_{\text{р}}$ – рабочее давление в аппарате, Па.

Рассчитаем, какое количество паров выходит за один цикл большого дыхания из мерника растворителя:

$$G_{\text{б}} = 0,848 \cdot \frac{10^5}{20 + 273} \cdot 0,011 \cdot \frac{106,17}{8314,31} = 0,041 \text{ кг/цикл.}$$

Объем взрывоопасной зоны вблизи места выхода паров определяется по формуле:

$$V_{\text{вок}} = \frac{m}{\varphi_{\text{н}}} \cdot K_{\text{б}} \quad (10)$$

где m – количество паров, выделяющихся из дыхательных устройств, кг;

$\varphi_{\text{н}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, кг/м^3 ;

$K_{\text{б}}$ – коэффициент безопасности, принимаемый равным 2.

В свою очередь нижний концентрационный предел распространения пламени в кг/м^3 может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\varphi_{\text{н}} = \frac{M}{V_{\text{т}}} \cdot \varphi_{\text{н}} \quad (11)$$

где M – молекулярная масса пара, $M=106,17$ кг/кмоль;

V_t – молярный объем пара, $V_{20} = 24,0$ м³ /кмоль;

φ_H – нижний концентрационный предел распространения пламени,
 $\varphi_H = 0,01$ об.д.

Подставляя значения, получим:

$$\varphi_H = \frac{106,17}{24,0} \cdot 0,01 = 0,044 \text{ об. д.}$$

Тогда объем местной взрывоопасной зоны, образующейся вблизи дыхательной арматуры аппарата, составит:

$$V_{\text{вок}} = \frac{0,041}{0,044} \cdot 2 = 1,86 \text{ м}^3.$$

В целях сокращения потерь паров и снижения пожаровзрывоопасности дышащих аппаратов дыхательные трубы выводятся на 2 м выше уровня крыши и защищаются огнепреградителями, чтобы предупредить возможное проникновение пламени внутрь емкости при воспламенении паров от внешних источников воспламенения.

При эксплуатации аппаратов, работающих под давлением, даже при их исправном состоянии могут происходить небольшие утечки горючих веществ через прокладки, швы, разъемные соединения, уплотнения и т.д. Значительное количество аппаратов, работающих под давлением, имеют вращающиеся механизмы (лопасти мешалок, колеса насосов, винты шнеков). Зазоры между валами и корпусом аппаратов чаще всего герметизируются посредством сальниковых уплотнений. Создать надежную герметичность сальников достаточно трудно, в процессе работы они изнашиваются, поэтому эксплуатация аппаратов с наличием сальниковых уплотнений всегда связана с утечками паров, газов или жидкостей.

Рассчитаем количество горючих веществ, просачивающихся через сальниковое уплотнение при работе насоса.

$$G = 0,005 \cdot d \cdot \rho \cdot H \quad (12)$$

где G – количество жидкости, выходящей через сальники насоса, кг/ч;

d – диаметр вала насоса, $d = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$;

ρ – плотность жидкости, $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$;

H – рабочее давление насоса, $H = 10,5 \text{ м. вод. ст.}$

Подставляем значения и находим количество растворителя, просачивающегося через сальники центробежного насоса:

$$G = 0,005 \cdot 0,04 \cdot 850 \cdot 10,5 = 1,785 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Для уменьшения утечек обращающихся веществ в целях снижения пожарной опасности проектом рекомендуется применить в насосах торцевые уплотнения.

3.4.2 Пожарная опасность выхода горючих веществ из поврежденного технологического оборудования

Наибольшую пожарную опасность технологическое оборудование представляет в тех случаях, когда нарушается его нормальный режим работы и происходят повреждения, при этом горючие вещества могут выходить наружу. Все возможные причины повреждений технологического оборудования объединяются в три основные группы:

- механические воздействия (образование повышенного или пониженного давления, воздействие динамических нагрузок, эрозионный износ);

- термические воздействия (образование температурных напряжений, воздействие высоких и низких температур);

- химические воздействия (химическая коррозия, электрохимическая коррозия).

Определим величину давления в трубопроводе за центробежным насосом, подающим готовую краску в расходные емкости, если давление в трубопроводе $P_n = 0,6 \text{ МПа}$, температура $T_p = 313 \text{ К}$, плотность продукта $\rho_t = 790,8 \text{ кг/м}^3$, длина трубопровода 20 м, степень уменьшения диаметра

трубопровода $\varepsilon = 0,5$, скорость движения жидкости 3 м/с, диаметр линии $d = 50$ мм.

Величину давления в линиях (для преодоления сопротивления и создания необходимой скорости движения продукта) определяем по формуле:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l_{\text{ЭКВ}}}{d_3} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho_t}{2} \quad (13)$$

Общее давление находим из выражения:

$$P_K = P_H + \Delta P \quad (14)$$

где λ – коэффициент сопротивления трения;

P_K – конечное давление в системе при увеличении сопротивления линии, Па;

P_H – рабочее давление в сети, Па;

ΔP – потери давления при увеличении сопротивления линии, Па;

$l_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалентная длина трубопровода с учетом наличия местных сопротивлений, м;

ρ_t – плотность продукта при рабочей температуре, кг/м³.

Определим свободный диаметр трубопровода на участке, котором произошло образование отложений:

$$d_2 = d_1 \cdot (1 - \varepsilon) = 0,05 \cdot (1 - 0,5) = 0,025 \text{ м.}$$

Определим скорость движения продукта в суженном сечении:

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2} = 3 \cdot \frac{0,05^2}{0,025^2} = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Определим режимы движения продукта на участке трубопровода d_1 и d_2 :

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho_t}{\mu} = \frac{\omega \cdot d}{\nu} \quad (15)$$

где ω – скорость движения продукта, м/с;

μ – коэффициент динамической вязкости, Па/с;

ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с.

$$Re_1 = \frac{\omega_1 \cdot d_1}{\nu} = \frac{3 \cdot 0,05}{0,685 \cdot 10^{-6}} = 218978.$$

$$Re_2 = \frac{2 \cdot d_2}{\nu} = \frac{12 \cdot 0,025}{0,685 \cdot 10^{-6}} = 437956.$$

В обоих случаях режим течения жидкости турбулентный (т.к. $Re > 10000$). Поэтому коэффициент сопротивления трения, определяемый в зависимости от режима движения продукта, может быть найден по формуле:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (16)$$

где d – внутренний диаметр трубопровода, м;

Δ – абсолютная шероховатость стенок труб, м. В расчетах принимаем $\Delta = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м.

Находим коэффициент сопротивления трения:

$$\lambda_1 = 0,11 \cdot \left(\frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{0,05} + \frac{68}{218978} \right)^{0,25} = 0,028.$$

$$\lambda_2 = 0,11 \cdot \left(\frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{0,05} + \frac{68}{437956} \right)^{0,25} = 0,033.$$

Определяем потери напора по длине трубопровода:

$$\Delta P_1 = 0,028 \cdot \frac{20}{0,05} \cdot \frac{3^2 \cdot 790,8}{2} = 39856 \text{ Па.}$$

$$\Delta P_2 = 0,033 \cdot \frac{20}{0,025} \cdot \frac{12^2 \cdot 790,8}{2} = 1503153 \text{ Па.}$$

Приращение давления на преодоление сопротивления составит:

$$\Delta P = \Delta P_2 + \Delta P_1 = 1503153 - 39856 = 1463297 \text{ Па.}$$

При уменьшении площади сечения трубопровода (при образовании в нем отложений) давление в линии составит:

$$P_k = P_n + \Delta P = 0,6 + 1,46 = 2,06 \text{ МПа.}$$

Давление в системе повышается более чем в 3 раза, это может стать причиной повреждения трубопровода.

При расчете количества вещества $m_{ж}$, выходящего наружу при полном разрушении трубопровода нужно учитывать массу жидкости, находящейся в

трубопроводе, а также массу жидкости, подаваемой насосом до его отключения:

$$m_{\text{ж}} = m_{\text{тр}} + m_{\text{нас}} \quad (17)$$

где $m_{\text{тр}}$ – масса веществ, выходящих из разрушенного трубопровода, кг;

$m_{\text{нас}}$ – масса веществ, подаваемых насосом до его отключения, кг.

Для аппаратов с жидкостями массу горючих веществ определяют по формуле:

$$m_{\text{ж}} = (q_{\text{н}} \cdot \tau_{\text{откл}} + l_{\text{тр}} \cdot f_{\text{тр}}) \cdot \rho_{\text{ж}} \quad (18)$$

где $q_{\text{н}}$ – производительность насоса, питающего аппарат, $q_{\text{н}} = 0,001 \text{ м}^3/\text{с}$;

$\tau_{\text{откл}}$ – продолжительность отключения побудителя расхода, $\tau_{\text{откл}} = 300 \text{ с}$;

$l_{\text{тр}}$ – длина трубопровода, из которого происходит истечение жидкости, $l_{\text{тр}} = 20 \text{ м}$;

$f_{\text{тр}}$ – сечение трубопровода, из которого происходит истечение жидкости, $f_{\text{тр}} = 0,785 \cdot \text{м}^2$;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости при рабочей температуре среды в трубопроводе, $\rho_{\text{ж}} = 790,8 \text{ кг/м}^3$.

Подставим значения и рассчитаем количество вытекшей жидкости при разрушении трубопровода:

$$m_{\text{ж}} = (0,001 \cdot 300 + 20 \cdot 0,785 \cdot 0,05^2) \cdot 790,8 = 268 \text{ кг.}$$

Значит, в случае повреждения трубопровода произойдет истечение 268 кг эмали, что приведет к испарению растворителя с поверхности разлива. Определим массу паров растворителя, испарившегося с поверхности разлива в течение часа. Массу испаряющейся с открытой поверхности жидкости (в движущуюся и неподвижную среду) можно определить по формуле, приведенной в НПБ 105-03 [39]:

$$m_{\text{и}} = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{с}} \cdot F_{\text{у}} \cdot \tau \quad (19)$$

где $m_{\text{и}}$ – масса испаряющейся с открытой поверхности жидкости, кг;

η – коэффициент, зависящий от температуры и скорости движения воздуха в помещении, принимаем $\eta = 1,3$.

P_S – давление насыщенного пара при температуре испарения,
 $P_S=1,066$ кПа;

M – молярная масса паров жидкости, $M = 106,17$ кг/кмоль;

$F_{и}$ – поверхность испарения, принимается согласно НПБ 105-03 из расчета, что 1 л разливается на площади $0,5 \text{ м}^2$. В этом случае площадь разлива составит 340 м^2 . Так как площадь краскоприготовительного помещения составляет 72 м^2 , то площадь испарения принимаем 72 м^2 .

$$m_{и} = 10^{-6} \cdot 1,3 \cdot \sqrt{106,17} \cdot 1,066 \cdot 72 \cdot 3600 = 3,7 \text{ кг.}$$

Объем взрывоопасной зоны, образующийся при этом, составит:

$$V_{\text{вок}} = \frac{3,7}{0,044} \cdot 2 = 168 \text{ м}^3.$$

Для исключения возможности разрушения оборудования от перечисленных причин предлагаются следующие мероприятия:

- для предупреждения образования пробок в линиях следует производить очистку вещества от взвешенных твердых частиц и солей; не допускать образования отложений путем строго соблюдения установленного технологического режима;

- производить очистку трубопроводов и аппаратов от отложений механическими и химическими способами в установленные сроки;

- для защиты от создавшегося чрезмерного внутреннего давления в трубопроводах предлагается использовать предохранительные и мембранные клапаны;

- для уменьшения утечек обращающихся веществ применить в насосах торцевые уплотнения;

- установить автоматическую систему регулирования уровня жидкости в мерниках.

3.5 Анализ возможных причин и условий возникновения источников зажигания

3.5.1 Потенциальные источники зажигания

В окрасочном производстве тепловое проявление механической энергии возможно при нагреве подшипников на валах насосов, при ударах металлических предметов о строительные конструкции и технологические установки и др. [40]. Короткое замыкание электропроводки, перегрев электродвигателей при длительной их работе, пробой изоляции электродвигателей вследствие старения изоляции, большое переходное сопротивление в местах соединения проводов с оборудованием и между собой могут также привести к образованию источников зажигания. Искровые разряды статического электричества могут образовываться при транспортировке жидкости и воспламенить паро- и газоздушные смеси в окрасочной камере [41]. Значительную опасность в данном производстве представляют огневые ремонтные и монтажные работы, что обусловлено не только открытым пламенем, но и наличием раскаленного и расплавленного металла, искр в виде горящих капель металла, разлетающихся во все стороны, раскаленных огарков электродов и разогретых участков аппарата, трубопровода или других конструктивных элементов, обрабатываемых пламенем.

Специфическими источниками зажигания в процессах окраски являются искры удара и самовозгорание отходов, а также самовозгорание отложений лакокрасочных материалов в воздуховодах. Поэтому профилактическими мероприятиями предусматривается: удаление из помещений отходов лакокрасочных материалов; очищение воздуховодов от отложений лакокрасочных материалов; контроль за исправностью оборудования; отсутствие искр удара и трения при работе вентиляторов и при пользовании инструментом [42].

3.5.2 Оценка возможности источника зажигания в виде перегретого подшипника

Перегрев подшипников может быть вызван следующими причинами: плохое качество смазки рабочих поверхностей, их загрязнение, перекосы валов, перегрузка машины, чрезмерная затяжка подшипников. При этом подшипники перегреваются до опасных температур (выше температуры самовоспламенения горючей смеси, контактирующей с подшипником).

Максимальную температуру подшипника при отсутствии смазки и принудительного охлаждения можно рассчитать по формуле:

$$t_n = t_B + \frac{Q_{\text{тр}}}{\alpha \cdot F} \quad (20)$$

где t_n – максимальная температура подшипника, °С;

t_B – температура окружающей среды (воздуха), °С;

α – коэффициент теплообмена между поверхностью подшипника и окружающей средой, величину коэффициента теплообмена в Вт/(м²·К) определяют по формулам:

$$\text{при } t_n > 60^\circ\text{C} \quad \alpha = 11,63 \exp(0,0023 \cdot t_n) \quad (21)$$

$$\text{при } t_n < 60^\circ\text{C} \quad \alpha = 4,07 \sqrt[3]{(t_n - t_B)} \quad (22)$$

F – поверхность корпуса подшипника, омываемая воздухом, $F = 0,1 \text{ м}^2$.

$Q_{\text{тр}}$ – мощность сил трения в подшипнике определяют по формуле в Вт:

$$Q_{\text{тр}} = \pi \cdot f \cdot N \cdot d \cdot n \quad (23)$$

f – коэффициент трения скольжения, значения коэффициента f можно выбрать в зависимости от материалов трущихся частей:

N – реальная сила, действующая на подшипник, $N = 2,5 \text{ кН}$;

d – диаметр шейки вала, $d = 0,04 \text{ м}$;

n – частота вращения вала, $n = 20 \text{ с}^{-1}$.

$$Q_{\text{тр}} = 3,14 \cdot 0,15 \cdot 2500 \cdot 0,04 \cdot 20 = 942 \text{ Н}.$$

Для расчета коэффициента теплообмена принимаем температуру подшипника 364 °С:

$$\alpha = 11,63 \exp(0,0023 \cdot 364) = 26,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

Рассчитываем максимальную температуру подшипника скольжения:

$$t_n = 20 + \frac{942}{26,7 \cdot 0,1} = 373 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура самовоспламенения растворителя составляет 520 °С.

Согласно ГОСТ 12.1.004 условия возникновения горения в режиме вынужденного зажигания не рассчитываются. Они оцениваются через стандартную температуру самовоспламенения. При этом опасной принимается температура, равная 0,8 от стандартной температуры самовоспламенения:

$$t_n \geq 0,8 \cdot t_{св}$$

$$373 \text{ }^\circ\text{C} < 416 \text{ }^\circ\text{C}$$

Таким образом, можно сделать вывод, что перегрев подшипника из-за нарушения режима смазки не может явиться источником зажигания.

3.5.3 Оценка зажигательной способности искры

Оценку зажигательной способности искры, образованной при работе ударным инструментом, произведем согласно ГОСТ 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Размеры искры удара, представляющей собой раскаленную до свечения частичку металла, не превышают 0,5 мм, а ее температура находится в пределах температуры плавления металла.

Количество тепла, отдаваемое искрой при охлаждении от начальной температуры t_n до температуры самовоспламенения $t_{св}$ вычисляется по формуле:

$$W = V_u \cdot \rho_u \cdot c_u \cdot (t_{кон} - t_{св}) \cdot k \quad (24)$$

где k – коэффициент, равный отношению тепла отданного горючему веществу к энергии, запасенной искрой, $k = 1$;

ρ_u – плотность металла, $\text{кг}/\text{м}^3$, $\rho_u = 7800 \text{ кг}/\text{м}^3$ [43];

c_u – теплоемкость расплава металла, $c_u = 482 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ [43];

V_u – объем искры металла, m^3 . Определяется как:

$$V_u = \frac{\pi \cdot d^3}{6} = \frac{3,14 \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^3}{6} = 6,54 \cdot 10^{-11} m^3$$

Для нахождения конечной температуры капли $t_{кон}$ необходимо соотнести время полета искры $\tau_{ост}$ до остывания и время ее нахождения в расплавленном состоянии τ_p .

$$\tau_p = \tau_{ост} - \tau_{кр} \quad (25)$$

где $\tau_{кр}$ – время кристаллизации капли металла, с. Определить время кристаллизации можно по формуле:

$$\tau_{кр} = \frac{m_u \cdot c_u}{\alpha \cdot S_u \cdot (t_{пл} - t_o)} \quad (26)$$

где $t_o = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура окружающего воздуха;

$t_{пл}=t_n=1580 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура плавления и температура искры соответственно;

m_u – масса частицы металла, кг, из формулы:

$$m_u = \rho_u \cdot V_u = 7800 \cdot 6,54 \cdot 10^{-11} = 5,1 \cdot 10^{-7} \text{ кг}$$

α – коэффициент теплоотдачи, $Вт/(m^2 \text{ К})$:

$$\alpha = 188 \cdot \sqrt{w_u} = 188 \cdot \sqrt{16} = 752.$$

где $w_u = 16 \text{ м/с}$ – скорость полета искры при работе ударным инструментом по ГОСТ 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

S_u – площадь поверхности искры, m^2 , определяем по формуле:

$$S_u = 0,785 \cdot d_u^2 = 0,785 \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^2 = 1,96 \cdot 10^{-7} m^2.$$

Подставляем значения в формулу (1.31):

$$\tau_{кр} = \frac{5,1 \cdot 10^{-7} \cdot 482}{752 \cdot 1,96 \cdot 10^{-7} \cdot (1580 - 20)} = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Время остывания определяется по формуле:

$$\tau_{ост} = \frac{F_o}{\lambda_u} \cdot d_u^2 \cdot c_u \cdot \rho_u \quad (1.32)$$

где F_o – критерий Фурье, определяемый по значениям критерия Био Bi и относительной избыточной температуры Θ с помощью номограммы [9];

λ_u – коэффициент теплопроводности металла искры, $\lambda_u = 86,5$ Вт/м·К по [44]; Критерий Био можно определить по формуле:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda_u} = \frac{752 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{86,5} = 0,00435.$$

Определим относительную избыточную температуру:

$$\theta = \frac{t_n - t_{св}}{t_n - t_v} = \frac{1580 - 520}{1520 - 20} = 0,68.$$

где $t_{св} = 520$ °С – температура самовоспламенения сольвента. По номограмме определим критерий Фурье: $F_o = 180$.

Тогда время остывания капли $\tau_{ост}$ по формуле (1.32):

$$\tau_{ост} = \frac{180}{86,5} \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 482 \cdot 7800 = 1,96 \text{ с.}$$

Время нахождения искры в расплавленном состоянии в соответствии с формулой (1.30):

$$\tau_p = 1,96 - 1,07 \cdot 10^{-3} = 1,959 \text{ с.}$$

Время падения искры с высоты 6 м составит: $\tau_{пад} = 6/16 = 0,38$ с.

Сравнивая значения времени падения и нахождения искры в расплавленном состоянии видно, что искра упадет в расплавленном состоянии.

Для определения конечной температуры в формуле (1.29) воспользуемся формулой:

$$t_{кон} = t_o + (t_n - t_o) \cdot \exp\left(\frac{\alpha \cdot S_u \cdot \tau_{пад}}{c_u \cdot m_u}\right) \quad (1.33)$$

Подставим значения:

$$t_{кон} = 20 + (1580 - 20) \cdot \exp\left(\frac{752 \cdot 1,96 \cdot 10^{-7} \cdot 0,38}{482 \cdot 5,1 \cdot 10^{-7}}\right) = 1467 \text{ °С}$$

Подставим значения в формулу (1.29):

$$W = 6,54 \cdot 10^{-11} \cdot 7800 \cdot 482 \cdot (1467 - 520) \cdot 1 = 0,23 \text{ Дж.}$$

По справочнику W_{min} ксилола составляет 1,97 мДж.

Проверим условия воспламенения горючей среды:

$$t_{кон} > t_{св} \qquad W > W_{min}$$

$$1467 > 520$$

$$0,28 > 1,97 \times 10^{-3}$$

Следовательно, искра, образованная при работе ударным инструментом в помещении и упавшая на поверхность горючей паровоздушной смеси способна вызвать ее воспламенение и привести к пожару.

Этот расчет позволяет сделать заключение о необходимости проведения таких работ неискрообразующим инструментом и, если возможно, со снижением горючей концентрации ПВС в зоне ремонта до безопасных значений.

3.6 Определение возможных причин и условий для распространения пожара

Распространению пожара способствует:

- наличие горючего окрасочного материала;
- горючесть окрашенных деталей, по которым может распространиться горение;
- вентиляционная система, по которой пламя может распространиться в смежные помещения производства.

По производственным коммуникациям пожар может распространиться, если внутри трубопровода, воздуховода образовалась горючая среда, когда имеются отложения на поверхности труб.

Поэтому мерами пожарной профилактики предусматривается:

- ограничение количества горючих материалов и веществ, находящихся в окрасочном цехе;
- прокладка вентиляционных воздуховодов по кратчайшему пути наружу или в очистительные устройства;
- устройство огнепреградителей и огнезадерживающих заслонок;
- очистка кабин от отходов, а воздуховодов от отложений лакокрасочных материалов.

3.7 Расчет категории помещения окраски

Для обоснования целесообразности принимаемых решений по противопожарной защите необходимо классифицировать производственные помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности.

Площадь помещения $342,3 \text{ м}^2$. В помещении имеется окрасочный участок площадью 30 м^2 и две ёмкости с дизельным топливом по 1 м^3 (суммарная ёмкость 2 м^3). Соответственно площадь равномерно распределённой горючей загрузки принимаем $342,3 - 30 = 312,3 \text{ м}^2$. Дизельное топливо находится в герметичных ёмкостях. Высота помещения = 7 м .

Пол выполнен из твердого неискрообразующего строительного материала. Ограждающие конструкции помещений выполнены из негорючих строительных материалов и разделены противопожарной перегородкой. Из помещения имеется эвакуационный выход. Основную пожарную нагрузку автомобиля составляют резина; топливо; смазочные масла; искусственные полимерные материалы. Средние значения количества этих материалов для одного легкового автомобиля следующие:

- резина (5 покрышек по $6,5 \text{ кг}$) – $32,5 \text{ кг}$;
- топливо (бензин АИ-93) 40 л . $0,04 \text{ м}^3 \cdot 760 \text{ кг/ м}^3 = 30,4 \text{ кг}$;
- смазочные масла 4 кг в двигателе и $2,5 \text{ кг}$ в трансмиссии: $4 + 2,5 = 6,5 \text{ кг}$,
 $0,0065 \text{ м}^3 \cdot 903 \text{ кг/ м}^3 = 5,9 \text{ кг}$;
- пенополиуретан сидений – 8 кг ;
- полиэтилен – $1,8 \text{ кг}$;
- полихлорвинил – 2 кг ;
- картон – $2,5 \text{ кг}$;
- искусственная ткань обшивки сидений – 3 кг .

Общая масса горючих материалов из расчёта на один автомобиль составляет $86,1 \text{ кг}$.

Низшая теплота сгорания в соответствии со справочными данными таблицы 6 [46] на 1 кг .

Таблица 6 – Низшая теплота сгорания

для резины	33,52МДж/кг
для бензина АИ-93	43,64 МДж/кг
для смазочных масел	41,87 МДж/кг
для пенополиуретана	24,3 МДж/кг
для полихлорвинила	14,31МДж/кг
для картона	13,4 МДж/кг
для искусственной ткани	17,76 МДж/кг
полиэтилен	46,00 МДж/кг
для дизельного топлива ДТ-1(ГЖ)	29,308 МДж/кг

Для сравнительных расчётов используется так называемое условное топливо, имеющее удельную теплоту сгорания 29308кДж/кг.

Пожарная нагрузка помещений рассчитывается по формуле и равна:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q \quad (1.34)$$

Пожарная нагрузка участка подготовки и окраски:

$$Q_1 = 2523,4 \text{ МДж}$$

Минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до покрытия Н составляет 7м. Площадь размещения пожарной нагрузки составляет 342,3 м².

Удельная пожарная нагрузка составит:

$$q = \frac{Q}{S} = 7,37 \text{ МДж/м}^2.$$

В соответствии с таблицей 4 СП 12.13130.2009 помещение с данной удельной пожарной нагрузкой следует отнести к категории В4.

Класс пожароопасной зоны по ПУЭ П-Па п.7.4.5.

В помещении располагается сертифицированная окрасочная камера итальянского производства, площадь, занимаемая камерой составляет (7·4) 28 м², высота 3 метра (объём 84 м³). В камере предусмотрена приточно - вытяжная вентиляция, которая обеспечивает воздухообмен 22000 м³/час,

соответственно при заданном объёме кратность воздухообмена будет 262 в час или 4,4 в минуту (на $1 \text{ м}^2=9,4$). В окрасочной камере одновременно может находиться только один автомобиль и максимальное количество краски, используемое для окраски кузова целиком будет 2 кг, из которых 60 % уайт-спирит (легковоспламеняющаяся многокомпонентная жидкость с $T_{\text{всп}}=60 \text{ }^\circ\text{C}$). Соответственно при розливе краски будет испаряться 1,2 кг растворителя в объёме 84 м^3 .

Рассчитаем давление взрыва паров растворителя. Исходя из процентного состава смеси определяем, что в 1 кг уайт-спирит содержится:

1. Бутилацетат ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$) – 5,8% = 58 г;
2. Ацетон ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) – 11,7%= 117 г;
3. Этанол (этиловый спирт) ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) – 17,5%= 175 г;
4. Изобутанол (изобутиловый спирт ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$) - 15%= 150г;
5. Толуол (C_7H_8) – 50%= 500 г.

Соответственно в 1,2 кг уайт-спирита содержится:

1. Бутилацетат ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$) – 5,8% = 69,6 г;
2. Ацетон ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) – 11,7%= 140,4 г;
3. Этанол (этиловый спирт) ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) – 17,5%= 210 г;
4. Изобутанол (изобутиловый спирт ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$) – 15%= 180г;
5. Толуол (C_7H_8) – 50%= 600 г.

Расчёт числа мольных долей компонентов уайт-спирита.

Мольная доля компонента рассчитывается по формуле:

$$N_1 = n_1/n_{1+n_2+n_3+n_4+n_5} \cdot 100\% \quad (1.34)$$

где N_1 - мольная доля одного компонента в смеси;

n_1 – число молей одного компонента в смеси;

n_2 – число молей второго компонента в смеси;

n_3 – число молей третьего компонента в смеси;

n_4 – число молей четвёртого компонента в смеси;

n_5 – число молей пятого компонента в смеси;

$n_{1+n_2+n_3+n_4+n_5}$ – суммарное число молей всех компонентов смеси.

Определяем молярные массы компонентов смеси растворителя:

$$M_1 = C_6H_{12}O_2 = 116 \text{ г/моль};$$

$$M_2 = C_3H_6O = 58 \text{ г/моль};$$

$$M_3 = C_2H_6O = 46 \text{ г/моль};$$

$$M_4 = C_4H_{10}O = 74 \text{ г/моль};$$

$$M_5 = C_7H_8 = 92 \text{ г/моль}.$$

Молярные массы веществ берём из табличных значений:

$$N = M/M_{\text{мол.}} \quad (1.35)$$

$$n_1(C_6H_{12}O_2) = 0,6 \text{ моль};$$

$$n_2(C_3H_6O) = 2,42 \text{ моль};$$

$$n_3(C_2H_6O) = 4,57 \text{ моль};$$

$$n_4(C_4H_{10}O) = 2,43 \text{ моль};$$

$$n_5(C_7H_8) = 6,52 \text{ моль}, (n_1+n_2+n_3+n_4+n_5) = 16,54 \text{ моль}.$$

Рассчитываем молярные доли компонентов.

$$N_1 = n_1 / (n_1+n_2+n_3+n_4+n_5) = 0,04$$

$$N_2 = n_2 / (n_1+n_2+n_3+n_4+n_5) = 0,15$$

$$N_3 = n_3 / (n_1+n_2+n_3+n_4+n_5) = 0,27$$

$$N_4 = n_4 / (n_1+n_2+n_3+n_4+n_5) = 0,14$$

$$N_5 = n_5 / (n_1+n_2+n_3+n_4+n_5) = 0,4$$

Расчёт средней молярной массы многокомпонентной смеси:

Среднюю молярную массу смеси можно рассчитать используя величины молярной массы и молярной доли каждого компонента:

$$M_{\text{смеси}} = M_1 \cdot N_1 + M_2 \cdot N_2 + M_3 \cdot N_3 + M_4 \cdot N_4 + M_5 \cdot N_5 \quad (1.35)$$

$$M_{\text{смеси}} = 72,92 \text{ кг/кмоль}$$

Расчёт давления насыщенного пара двухкомпонентной жидкости:

$$P_{\text{смеси}} = P_1^0 \cdot N_1 + P_2^0 \cdot N_2 + P_3^0 \cdot N_3 + P_4^0 \cdot N_4 + P_5^0 \cdot N_5 \quad (1.36)$$

где P_1^0 и P_2^0 давление насыщенного пара при данных условиях для каждого компонента смеси, кПа, определяемого по номограмме при $T=35 \text{ }^\circ\text{C}$ (температура воздуха в помещении).

$$P_1^0 = 3,458 \text{ кПа};$$

$$P_2^0 = 26,6 \text{ кПа};$$

$$P_3^0 = 13,3 \text{ кПа};$$

$$P_4^0 = 2,128 \text{ кПа};$$

$$P_5^0 = 6,118 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{смеси}} = 10,5 \text{ кПа}.$$

Расчёт давления взрыва смеси:

$$\Delta P = m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z / V_{\text{св}} \cdot \rho_n \cdot C_p \cdot T_n \cdot K_n \quad (1.37)$$

где: $m = m_{\text{испарения}}$

$$H_T = H_{T1} + H_{T2} + H_{T3} + H_{T4} + H_{T5} = 339,4 \cdot (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5) + 1257 \cdot (H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5) = 60260,8 \text{ Дж/кг} = 60,261 \text{ МДж/кг}.$$

Теплота сгорания для смеси (берётся из справочных данных по химическим формулам)

$$P_0 = 101,3 \text{ кПа};$$

$$Z = 0,3;$$

$$V_{\text{св}} = 0,8 \cdot V_{\text{геометр}} = 0,8 \cdot (28 \text{ м}^2 \cdot 3 \text{ м}) = 67,2 \text{ м}^3.$$

$$\rho_n = 29 \text{ г/моль (плотность воздуха до взрыва при температуре } 20 \text{ }^\circ\text{C});$$

$$\rho_v = \rho_n / V_m = 1,21 \text{ кг/м}^3;$$

$$V_m = 24 \text{ м}^3 / \text{кмоль};$$

$$C_p = 1,01 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К};$$

$$T_n = 293 \text{ К};$$

$K_n = 3$ (НПБ 105-03 п.10 коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадекватность процесса горения).

$$m_{\text{испарения}} = W_{\text{исп}} \cdot \tau_{\text{расч}} \cdot S_{\text{исп}} \quad (1.37)$$

где: $S_{\text{исп}} = V_{\text{макс}} \text{ аппарата} \cdot 0,5$ (при содержании растворителя 70% и менее принимается $0,5 \text{ м}^2$ на 1 литр)

$$S_{\text{исп}} = 1,2 \cdot 0,5 = 0,6 \text{ м}^2;$$

$W_{\text{исп}}$ – интенсивность испарения.

$$W_{\text{исп}} = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{смеси}} \quad (1.38)$$

где: $\dot{\eta}$ – коэффициент, принимаемый по таблице НПБ 105-03 при кратности воздухообмена аварийной вентиляции равной 9,4 в минуту (СниП 41.01-2003 п.7.59)

ω – скорость воздушного потока в помещении равна:

$$\omega = n_{\text{воздуха}} \cdot L_{\text{помещения}} / 3600 \text{ (время испарения жидкости НПБ 105-03);}$$

$$\omega = 0,02 \text{ тогда } \dot{\eta} = 1,6 \text{ (т.№3 НПБ 105-03).}$$

$$W_{\text{исп}} = 0,0001435 \text{ кг/м}^2\text{с;}$$

$$m_{\text{испарения}} = 0,31 \text{ кг.}$$

Определяем массу паров жидкости, которая остаётся в объёме помещения с учётом работы аварийной вентиляции:

$$m_{\text{испарения}}^* = m_{\text{испарения}} / 1 + n_{\text{воздуха}} \cdot \tau_{\text{отключ}} / 3600 = 9,7 \text{ кг.} \quad (1.39)$$

Рассчитываем давление взрыва при полученных значениях

$$\Delta P = 9,7 \cdot 60,261 \cdot 101,3 \cdot 0,3 / 67,2 \cdot 29 \cdot 1,01 \cdot 293 \cdot 3 = 10,26 \text{ кПа.}$$

Вывод: так как расчётное давление взрыва смеси равно 10,26 кПа и превышает 5 кПа определенного для помещения категории А (НПБ 105-03), то помещение относится к категории А.

Класс взрывоопасной зоны по ПУЭ – В-Ia п.7.3.41.

3.8 Определение категорий краскоприготовительного помещения

Краскоприготовительное помещение размером 6·5·7 м располагается в том же производственном здании, что и окрасочная камера.

Согласно НПБ 105-03 при расчете значений критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать взрывоопасные паровоздушные смеси, определяем исходя из следующих предпосылок:

- происходит расчетная авария смесителя-растворителя;
- все содержимое аппарата поступает в помещение;
- происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат, по прямому и обратному потокам в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

Длительность аварии принята равной 1 ч. Условия парообразования взяты наиболее жесткие, скорость испарения намеренно завышена и принята равной скорости испарения чистого растворителя, причем испаритель испаряется полностью.

Как уже говорилось, согласно НПБ 105-03 количественной мерой взрывоопасных паровоздушных смесей принимается избыточное давление взрыва, составляющее 5 кПа.

Расчет массы паров жидкости, которая будет участвовать во взрыве, производится по формуле:

$$m = W \cdot F_u \cdot \tau \quad (1.35)$$

где W – интенсивность испарения, кг/(с·м²),

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s \quad (1.36)$$

F_u – площадь испарения с поверхности разлива, м²;

τ – продолжительность испарения, $\tau = 3600$ с;

η – коэффициент, принимаемый по табл. 3 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения, $\eta = 1,3$.

Для определения поверхности испарения необходимо знать, какой объем жидкости разливается из аппарата и отводящего трубопровода:

$$V_p = V_{ан} + l_{тр} \cdot f_{мп} \quad (1.37)$$

где $V_{ан}$ – объем смесителя-растворителя, м³;

$l_{\text{тр}}$ – длина трубопровода, из которого происходит истечение жидкости,
 $l_{\text{тр}} = 10 \text{ м};$

$f_{\text{тр}}$ – сечение трубопровода, из которого происходит истечение жидкости, $f_{\text{тр}}=0,785 \cdot d^2=0,785 \cdot 0,052=1,96 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}.$

$$V_p = 4,42 + 10 \cdot 1,96 \cdot 10^{-3} = 4,44 \text{ м}^3.$$

Согласно НПБ 105-03 площадь испарения при разливе на пол определяется исходя из расчета, что 1 л разливается на площади 1 м² пола помещения. Однако поверхность разлива ограничена размерами пола помещения, поэтому площадь испарения принимаем равной 30 м².

Подставим полученные значения и получим интенсивность испарения и массу паров, участвующих во взрыве:

$$W = 10^{-6} \cdot 1,3 \cdot \sqrt{106,17} \cdot 1,066 = 1,43 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2};$$

$$m = 1,43 \cdot 10^{-5} \cdot 30 \cdot 3600 = 1,54 \text{ кг}.$$

Расчет избыточного давления взрыва для индивидуальных веществ и смесей может быть выполнен по формуле:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}} \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_H}$$

где H_T – теплота сгорания, $H_T = 43154 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг};$

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0 ,

$$\rho_{\text{в}} = 1,21 \text{ кг/м}^3;$$

$C_{\text{в}}$ – теплоемкость воздуха, допускается принимать равной $C_{\text{в}} = 1,01 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг К)};$

T_0 – начальная температура воздуха, $T_0 = 20 + 273 = 293 \text{ К}.$

Рассчитав массу паров, участвующих во взрыве можно определить избыточное давление взрыва:

$$\Delta P = \frac{1,54 \cdot 43154000 \cdot 101,325 \cdot 0,3}{210 \cdot 1,21 \cdot 1010 \cdot 293} \cdot \frac{1}{3} = 8,95 \text{ кПа}.$$

Таким образом, так как избыточное давление взрыва оказалось больше 5 кПа, то краскоприготовительное помещение можно отнести к категории «А» по взрывопожарной и пожарной опасности.

Опыт эксплуатации зданий промышленного назначения показывает, что в отдельных случаях в результате аварий, нарушения режима эксплуатации технологического оборудования или несоблюдения техники безопасности при производстве работ происходят взрывы, сопровождающиеся гибелью людей, разрушением строительных конструкций и технологического оборудования

При обеспечении взрывозащиты зданий необходимо стремиться к тому, чтобы избыточное давление, возникающее при взрыве, не превышало допустимого для конструкций. Снизить давление при взрывах в производственных помещениях до величин, безопасных для прочности и устойчивости основных несущих конструкций зданий, позволяет применение легко сбрасываемых конструкций.

Легко сбрасываемые конструкции следует применять в зданиях и помещениях категории А и Б по взрывопожарной опасности. Согласно п.5.9 СНиП 31-04-01 площадь легко сбрасываемых конструкций принимается не менее $0,05 \text{ м}^2$ на 1 м^3 объема помещения.

Тогда необходимая площадь легко сбрасываемых конструкций для краскоприготовительного помещения будет составлять – $10,5 \text{ м}^2$.

3.9 Расчет автоматической установки газового пожаротушения, обслуживающей участок окраски

В качестве огнетушащего вещества принимаем двуокись углерода (CO_2). Данная автоматическая установка газового пожаротушения (АУГП) применяется для ликвидации пожаров класса А, В, С и электрооборудования с параметрами не герметичности не более 2,5%. Расчет АУГП заключается в определении расчетной массы газового огнетушащего состава (ГОС), определении продолжительности подачи ГОС, определении диаметра

трубопроводов установки, типа и количества насадков, определении избыточного давления при подаче ГОС.

Выбираем модуль МПГ ЗАО «АРТСОК» г. Москва с вместимостью баллонов до 140 л (Приложение А). И производим расчет массы газового огнетушащего вещества (ГОТВ).

Расчетная масса ГОТВ M_r , которая должна храниться в установке, определяется по формуле

$$M_r = K_1 \cdot (M_p + M_{TR} + M_{6n}) \quad (2.1)$$

где M_p – масса ГОТВ, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации при отсутствии искусственной вентиляции воздуха, определяется по формуле:

– для ГОТВ – сжатых газов и двуокиси углерода

$$M_p = V_p \cdot \rho_1 \cdot (1 + K_2) \cdot \ln \frac{C_H}{100 - C_H} \quad (2.2)$$

где: V_p – расчетный объем защищаемого помещения, m^3 .

$$V_p = 4 \cdot 5 \cdot 7 = 140 \text{ м}^3$$

K_1 – коэффициент, учитывающий утечки газового огнетушащего вещества из сосудов, $K_1 = 1,05$;

K_2 – коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения;

ρ_1 – плотность газового огнетушащего вещества с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря для минимальной температуры в помещении T_M , kg/m^3 , определяется по формуле:

$$\rho_1 = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_M} \cdot K_3 \quad (2.3)$$

где: ρ_0 – плотность паров газового огнетушащего вещества при температуре $T_0 = 293 \text{ K}$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) и атмосферном давлении $101,3 \text{ кПа}$; $\rho_0 = 1,88 \text{ кг/м}^3$

T_M – минимальная температура воздуха в защищаемом помещении, принимаемая равной 295 K .

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня моря.

C_H – нормативная объемная концентрация, % (об.).

Значения нормативных огнетушащих концентраций C_H приведены в приложении Д, $C_H = 32,1$ %. Получаем:

$$\rho_1 = 1,88 \cdot \frac{293}{295} \cdot 1 = 1,867 \text{ кг/м}^3.$$

Масса остатка ГОТВ в трубопроводах $M_{тр}$, кг, определяется по формуле:

$$M_p = V_{тр} \cdot \rho_{ГОТВ} \quad (2.4)$$

где $V_{тр}$ – объем всей трубопроводной разводки установки, м^3 ;

$\rho_{ГОТВ}$ – плотность остатка ГОТВ при давлении, которое имеется в трубопроводе после окончания истечения массы газового огнетушащего вещества M_p в защищаемое помещение;

$M_{\phi n}$ – произведение остатка ГОТВ в модуле M_b , который принимается по ТД на модуль, кг, на количество модулей в установке n .

Для ГОТВ, находящихся при нормальных условиях в жидкой фазе, а также смесей ГОТВ, хотя бы один из компонентов которых при нормальных условиях находится в жидкой фазе, нормативную огнетушащую концентрацию определяют умножением объемной огнетушащей концентрации на коэффициент безопасности 1,2.

Коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения:

$$K_2 = \Pi \cdot \delta \cdot \tau_{\text{под}} \cdot \sqrt{H} \quad (2.5)$$

где: Π – параметр, учитывающий расположение проемов по высоте защищаемого помещения, $\Pi=0,4$, $\text{м}^{0,5} \text{ с}^{-1}$ параметр негерметичности помещения, м^{-1} ,

$$\delta = \frac{\sum F_H}{V_p} \quad (2.6)$$

где: δ – параметр не герметичности помещения, м^{-1} ,

$\sum F_H$ – суммарная площадь проемов, м^2 ;

H – высота помещения, м;

$\tau_{\text{под}}$ – нормативное время подачи ГОТВ в защищаемое помещение, с.

Получаем:

$$\delta = \frac{8}{140} = 0,0571 \text{ м}^{-1}.$$
$$K_2 = 0,4 \cdot 0,0571 \cdot 60 \cdot \sqrt{7} = 3,62.$$

Подставляя все значения имеем:

$$M_p = 140 \cdot 1,867 \cdot (1 + 3,62) \cdot \ln \frac{32,1}{100 - 32,1} = 904,69 \text{ кг.}$$

Определяем массу остатка ГОТВ:

$$M_p = 0$$

Так как ГОТВ в трубопроводах не остается.

Находим количество модулей в установке:

$$n = \frac{M_r}{M_{r6}} \quad (2.7)$$

где n – количество модулей в установке,

M_r – Расчетная масса ГОТВ,

M_{r6} – масса газа в одном баллоне равная 25 кг.

$$n = \frac{904,69}{25} = 36,18 \approx 36$$

Находим остаток ГОТВ в модулях, с учетом того что остаток ГОТВ в одном модуле равен 3 кг.

$$M_6 n = 36 \cdot 3 = 108 \text{ кг.}$$

Находим расчетную массу ГОТВ M_r , которая должна храниться в установке:

$$M_r = 1,05 \cdot (904,69 + 0 + 108) = 1063,32 \text{ кг.}$$

С учетом этого находим количество модулей:

$$n = \frac{1063,32}{25} = 42,53 \approx 43$$

Количество двуокиси углерода, с учетом 100% запаса, необходимое на тушение составляет 2076,01 кг. Тогда количество баллонов будет равно:

$$n = 43 \cdot 2 = 86$$

3.10 Разработка молниезащиты здания автосервиса «Гермес Авто»

Молниезащита зданий представляет собой комплекс технических средств и мероприятий, направленных на защиту от возгорания и других опасностей, связанных с прямым попаданием молнии в здание и ее вторичным воздействием. Средством защиты от прямых ударов молнии служит молниеотвод – устройство, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее ее ток в землю. Здание автосервиса, в котором находится участок окраски, необходимо обеспечить средствами молниезащиты. Обоснование и выбор варианта молниезащиты представим в виде расчета согласно требованиям РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» [49].

Согласно п. 7.3.41. ПУЭ участок окраски относим к классу зоны В-Ia. В соответствии с табл. 1 РД 34.21.122-87 (далее РД) здание производственного корпуса при наличии класса зоны В-Ia относится к объектам, молниезащита которых должна быть выполнена по II категории. Но так как площадь окрасочного цеха составляет 30 м^2 , что составляет не более 30% общей площади производственного корпуса т.е. от $749,7 \text{ м}^2$, то согласно п.1.4. РД молниезащиту данного здания допускается выполнять по III категории молниезащиты.

Рассчитываем ожидаемое количество поражений молний в год:

$$N = [(S + 6 \cdot h_x) \cdot (L + 6 \cdot h_x) - 7,7 \cdot h_x^2] \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (2.8)$$

где S – ширина здания (16 м);

L – длина здания (62 м);

h_x – высота здания (10 м).

По приложению 2 РД и рисунку 2.5.14. ПУЭ определяем, что число грозочасов в год [50], в данной местности равно 40-60 ч. П

о таблице приложения 2 РД определяем, что удельная плотность ударов молнии $n = 4 \frac{1}{\text{км}^2 \cdot \text{год}}$.

Ожидаемое количество поражений молний в год составит:

$$N = [(16 + 6 \cdot 10) \cdot (62 + 6 \cdot 10) - 7,7 \cdot 10^2] \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0,034.$$

$$0,02 < N \leq 2$$

По таблице 1 РД определяем тип зоны защиты «Б», т.к. $0,02 < N \leq 2$.

Принимая во внимание конструктивные особенности здания, наиболее целесообразным решением молниезащиты для данного объекта является применение стальной молниеприемной сетки под гидроизоляцией покрытия из негорючего материала.

Согласно требованиям п. 2.25. РД шаг ячеек молниеприемной сетки не должен превышать 12·12 м. Исходя из требований данного пункта принимаем шаг ячеек молниеприемной сетки 12·12 м (Приложение Б).

В соответствии с требованиями п. 2.11. РД молниеприемная сетка должна быть выполнена из стальной проволоки диаметром не менее 6 мм. В нашем случае принимаем диаметр проволоки молниеприемной сетки 6 мм. Узлы сетки соединяем сваркой, а выступающие вентиляционные трубы присоединяем к молниеприемной сетке. Токоотводы от молниеприемной сетки необходимо проложить к заземлителям через каждые 22 м по периметру здания.

Согласно п. 2.26. РД в качестве заземлителя защиты от прямых ударов молнии используем наружный контур из горизонтальных электродов уложенных в земле на глубине 0,5 м. Согласно таблице 3 РД выбираем электроды прямоугольной формы толщиной 4 мм и сечением 160 мм². В соответствии с требованиями п. 2.32. для защиты от заноса высокого потенциала по внешним наземным (надземным) металлическим коммуникациям присоединяем их на вводе в здание к заземлителю защиты от прямых ударов молнии.

3.11 Выводы по главе 3

В главе 3 проведен анализ пожарной опасности технологического процесса окраски в автосервисе «Гермес Авто» по следующей схеме:

- анализ пожарной опасности обращающихся в технологическом процессе веществ и материалов;

- оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования при нормальной работе и при выходе веществ наружу из технологического оборудования;

- анализ возможных причин и условий инициирования горения;

- определение возможных причин и условий для распространения пожара;

- расчет категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной опасности.

На основе проведенного анализа предложены технические решения, направленные на защиту объекта от распространения пожара: проведен расчёт АУГП для краскоприготовительного помещения, предложен проект молниезащиты здания автосервиса.

4.1 Экономическое обоснование выбранного варианта противопожарной защиты объекта

В современных условиях обеспечение пожарной безопасности объектов экономики становится все более актуальной проблемой, требующей компетентного подхода к ее решению.

Настоятельным требованием времени становится не просто создание противопожарной защиты любыми средствами, а создание оптимальной системы обеспечения пожарной безопасности, соответствующей рыночным условиям. Исследования воздействия пожаров и их последствий на экономику вызываются необходимостью определения экономических потерь, наносимых пожарами национальному достоянию, и соответствия уровня допустимых затрат на функционирование системы обеспечения пожарной безопасности.

Вопросы экономической оценки инженерно-технических решений, обеспечивающих пожарную безопасность объектов в условиях перехода экономики страны на рельсы рыночных отношений, приобретает сегодня большое значение. Решение данных вопросов позволит наиболее эффективно использовать материальные, трудовые и финансовые ресурсы, выделенные на обеспечение функций противопожарной защиты (ППЗ). В деятельности пожарной охраны преобладают услуги производственного и производительного характера, поэтому в этом аспекте необходим комплекс оптимальных решений в части соответствия расходов на ППЗ и эффективности ее функционирования. Поэтому предлагаемый в дипломном проекте вариант обеспечения ППЗ, необходимо рассматривать в неразрывной связи с общей экономической эффективностью объекта.

В связи с этим в дипломном проекте необходимым условием выбора варианта ППЗ является технико-экономическое обоснование принимаемых

технических решений. Существуют различные способы и приемы подхода к решению ППЗ. Наиболее совершенным является метод сравнения экономической эффективности, реализующий критерий минимизации приведенных затрат. Определение экономической эффективности технического решения (варианта) ППЗ производится в следующем порядке:

1) Формулировка и определение мер обеспечения пожарной безопасности окрасочного производства автосервиса «Гермес Авто».

Автосервис «Гермес Авто» имеет окрасочное производство, расположенное в участке покраски. Покрасочное отделение отделено от остальных производственных помещений корпуса противопожарными преградами, соответствующими требованиями нормативных документов. В свою очередь предусмотрено краскоприготовительное отделение, также отделенное от смежных помещений противопожарными преградами, соответствующими требованиями норм. Площадь краскоприготовительного отделения 30 м². Нормы амортизационных отчислений составляют 1,2 % в год. Балансовая стоимость краскоприготовительного отделения составляет 931153 рублей. Частота возникновения пожаров на данном объекте составляет 1 пожар в 10 лет. Основное назначение краскоприготовительного отделения приемка, хранение и приготовление лакокрасочных материалов. Стоимость 3-х суточного запаса лакокрасочных материалов, находящихся в краскозаготовительном отделении составляет по данным объекта 27000 руб.

Предлагается оборудовать помещения лакокрасочного отделения автоматической установкой объемного газового тушения (СО₂). Сигнал о пожаре поступает на прибор приемно-контрольный пожарный Сигнал-10 от извещателя ДИП-34ПА, затем в действие приводится установка объемного газового пожаротушения. Создание и внедрение данных рекомендаций дает возможность значительно уменьшить размер материального ущерба.

2) Выбор варианта (базы) в сопоставлении, с которым будет дана экономическая оценка предлагаемых вариантов технических решений.

В качестве базового варианта принимается лакокрасочное отделение – объект, не оснащенный автоматической установкой объемного газового тушения.

3) Определение величины основных экономических показателей.

В расчете основными показателями по каждому варианту противопожарной защиты краскозаготовительного отделения являются:

- капитальные вложения K_1 и K_2 тыс.руб.;
- эксплуатационные расходы C_1 и C_2 тыс.руб.;
- материальные ущербы от пожаров Y_1 и Y_2 тыс.руб./год.

Определяем основные показатели по базовому варианту.

Капитальные вложения и эксплуатационные расходы отсутствуют $K_1=0$,

$$C_1 = 0$$

Определяем среднегодовой ущерб от пожара Y_1 .

Для этого необходимо определить имущественную нагрузку краскоприготовительного отделения.

По отделению и оборудованию:

$$\frac{931,153}{30} = 31,03 \text{ тыс. руб.}$$

По трехсуточному запасу ЛКМ:

$$\frac{27}{30} = 0,9 \text{ тыс. руб.}$$

Время свободного горения $t_1 = 10$ мин. Время введения сил и средств, необходимых для локализации пожара 15 мин. Площадь пожара на момент его локализации составит 30 м^2 , т.е. всю площадь отделения.

Прямой ущерб от пожара. По отделению:

$$31,03 \cdot \left(1 - \frac{1,2 \cdot 27}{100}\right) \cdot 30 = 629 \text{ тыс. руб.}$$

По 3-х суточному запасу ЛКМ:

$$0,9 \cdot 30 = 27 \text{ тыс. руб.}$$

Среднегодовой размер прямого ущерба от пожаров при $P=0,83$ (1 пожар в 10 лет) будет равен:

$$(629 + 27) \cdot 0,83 = 544,4 \text{ тыс. руб.}$$

Определяем основные показатели по предлагаемому варианту.

Определяем дополнительные капитальные вложения и эксплуатационные расходы на устройство автоматической установки объемного газового тушения в краскозаготовительном отделении.

Таблица 7 – Расчет дополнительных капитальных вложений

Наименование	Кол-во шт.	Стоимость за ед., тыс.руб.	Сумма, тыс.руб.
Проектные работы	1	3	3
Извещатели пожарные ДИП-34ПА-03	2	1,203	2,406
Станция ППКП	1	3,517	3,517
Извещатели пожарные ручные	2	0,954	1,908
Баллоны для CO ₂	90	0,3	27
Масса огнетушащего вещества, кг (CO ₂)	2240,4	0,002	4,5
Трубы стальные Ø 100 мм, l=5 м	34	0,1	3,4
Насадок НР-10	100	0,05	5
Монтажные и пусконаладочные работы	–	–	50

Дополнительные капитальные вложения составят $K_2 = 100,731$ тыс.руб.

Эксплуатационные расходы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом составили 11,6 тыс.руб.

Определяем среднегодовой ущерб от пожаров $У_2$.

Извещатель пожарный ДИП-34ПА-03 обнаруживает пламя очага пожара площадью $0,25 \text{ м}^2$ на расстоянии 30 м. Инерционность извещателя составляет 5 с. Это означает, что к моменту срабатывания газовой установки пожаротушения площадь пожара составит $19,6 \text{ м}^2$. Прямой ущерб от пожара составит:

по отделению:

$$31,03 \cdot \left(1 - \frac{1,2 \cdot 27}{100}\right) \cdot 19,6 = 411,1 \text{ тыс. руб.}$$

По 3-х суточному запасу ЛКМ:

$$0,9 \cdot 19,6 = 17,6 \text{ тыс. руб.}$$

Среднегодовой прямой ущерб от пожара составит:

$$(411,1 + 17,6) \cdot 0,083 = 35,6 \text{ тыс. руб.}$$

4) Проверка экономической целесообразности выбора инженерно-технических решений.

Согласно методике экономически целесообразным считается инженерно-техническое решение имеющее минимум приведенных затрат:

$$Z = C + E_M \cdot K + Y \rightarrow \min \quad (3)$$

$$C_1 = 0 \text{ и } K_1 = 0$$

$$Z_1 = Y_1 = 544,4 \text{ т. руб.}$$

$$Z_2 = C + E_M \cdot K + Y$$

$$Z_2 = 11,6 + 0,12 \cdot 100,731 + 35,6 = 59,2.$$

$Z_1 > Z_2$, следовательно вариант с применением автоматической установки объемного газового пожаротушения является экономически целесообразным.

5) Определение величины годового экономического эффекта.

Годовой экономический эффект \mathcal{E}_r от использования АУПТ определяется как разность проведенных затрат.

$$\mathcal{E}_r = Z_1 - Z_2 \quad (3.1)$$

$$\mathcal{E}_r = 544,4 - 59,2 = 484,6 \text{ тыс. руб.}$$

4.2 Выводы по главе 4

В главе 4 произведен расчет среднегодового ущерба от пожара – 544, тыс. руб. Выбор варианта АУПТ. Стоимость дополнительных капитальных решений составила 100,731 тыс. руб. Эксплуатационные расходы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом – 11,6 тыс. руб. Подсчет инженерно-технических решений имеющих минимум приведенных затрат – 59,2 тыс. руб., следовательно вариант с применением автоматической установки объемного газового пожаротушения является экономически целесообразным.

Значит, годовой экономический эффект составляет 484,6 тыс. руб.
Делаем вывод о необходимости использования автоматической установки пожаротушения.

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места сотрудника автосервиса «Гермес Авто»

Объектом исследования является рабочее место работника участка окраски. Помещение участка окраски светлое, чистое, с малым выделением пыли. Конструктивные элементы и ограждения окрасочного помещения (стены, потолки, полы и др.) выполнены огнестойкими. Внутренние поверхности стен выложены керамической плиткой на высоту 2,4 м, а полы сделаны из прочных, негоряемых и нескользких материалов, позволяющих легко очищать их от загрязнений.

Температура помещения держится не ниже 15–16 °С, а относительная влажность воздуха не более 60%. Отопление воздушное низкого давления.

В помещении имеется искусственное освещение. Общая освещенность участка окраски лампами накаливания составляет 180 лк, также используются переносные светильники напряжением 12 В. В помещении находятся первичные средства пожаротушения (огнетушители, пожарный щит).

Приоритетным фактором профессионального риска для маляра, является комплекс химических веществ, входящих в состав растворителей и лакокрасочных составов (уайт-спирит и др.). К опасным производственным факторам относится пожарная опасность.

5.2. Вредные производственные факторы

5.2.1 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны

Основной вредный производственный фактор в работе маляра – это воздействие вредных веществ, содержащихся в краске, лаке, растворителях, эмали и др. Вредные вещества поступают в организм через органы дыхания, кожу и глаза. Последствия бывают краткосрочными и длительными. К

краткосрочным относятся аллергические реакции, контактный дерматит, головная боль, тошнота. Длительное воздействие лакокрасочных веществ на организм работника приводит поражению почек, печени, мозга и репродуктивной системы. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны нормируется ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

К средствам коллективной защиты относится использование вентиляционных устройств, к средствам индивидуальной защиты – специальная одежда, ежегодно выдаваемая согласно Приказу Минтруда России №997н от 9 декабря 2014 г. [51]: полумаски, полумаски-респираторы, полнолицевые маски, респираторы, комбинезоны, перчатки. Согласно результатам опроса работников участка окраски, предлагается установка вытяжного зонта в рабочей зоне.

5.2.2 Расчет вытяжного зонта

Произведем расчет вытяжного зонта на рассматриваемом рабочем месте.

Вытяжные зонты предназначены для улавливания потоков вредных выделений, направленных вверх. Вытяжные зонты обычно имеют форму конусов и устанавливаются над источниками выделения вредных веществ. Эффективность работы зонта зависит от его размеров и расстояния от источника выделений.

Эффективность работы зонта зависит от его размеров и расстояния от источника выделений. Размеры прямоугольного зонта (А и В) можно определить из выражений (1) и (2):

$$A = a + 0,8 \cdot H \quad (1)$$

$$B = b + 0,8 \cdot H \quad (2)$$

где а и b – размеры источника вредных выделений, м;

H – расстояние от оборудования до низа зонта, м.

Расход воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), подтекающего к зонту с конвективным потоком, можно определить по формуле:

$$L_k = 0,68 \sqrt{Q \cdot F^2 \cdot H} \quad (3)$$

где Q – количество конвективного тепла, выделенного с поверхности источника, Вт;

F – площадь горизонтальной проекции источника тепловыделений, m^2 .

Количество конвективного тепла, выделяемого источником:

$$Q = 1,5^3 \sqrt{t_u - t_b}, \quad (4)$$

где t_u и t_b – температуры поверхности источника и воздуха, $^{\circ}C$.

Расстояние от кромки зонта до источника выделений должно соответствовать условию:

$$H \leq 1,5 \sqrt{F}. \quad (5)$$

Количество воздуха, которое должен удалять вытяжной зонт, рассчитывают по формуле:

$$L_3 = \frac{L_k \cdot F_3}{F}. \quad (6)$$

Рассчитаем параметры вытяжного зонта (размеры, максимальное расстояние от источника вредных примесей и расход воздуха), необходимые для удаления паров химических веществ от горизонтального источника, если известно, что температура источника выделений $32^{\circ}C$, температура воздуха $15^{\circ}C$; размеры источника вредных выделений: $a = 0,550$ м, $b = 0,400$ м.

По формуле (4) определим количество конвективного тепла, выделяемого источником:

$$Q = 1,5 \cdot \sqrt[3]{32 - 15} = 3,86 \text{ Вт.}$$

Максимальное расстояние от кромки зонта до источника выделений находим по выражению (5):

$$H = 1,5 \cdot \sqrt{0,550 \cdot 0,400} = 0,44 \text{ м.}$$

По формуле (3) рассчитываем количество воздуха, достигающее вытяжного зонта с конвективным потоком:

$$L_k = 0,68 \cdot \sqrt{3,86 \cdot 0,22^2 \cdot 0,44} = 0,19 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

По формулам (1) и (2) находим размеры вытяжного зонта:

$$A = 0,55 + 0,8 \cdot 0,44 = 0,90 \text{ м.}$$

$$B = 0,4 + 0,8 \cdot 0,44 = 0,75 \text{ м.}$$

Теперь по формуле (6) подсчитываем количество воздуха, которое должен удалять вытяжной зонт:

$$L_3 = \frac{0,19 \cdot 0,675}{0,22} = 0,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Таким образом, размеры вытяжного зонта составляют: $A=0,90$ м; $B=0,75$ м; $H=0,44$ м и $L_3=0,6$ м³/ч. На рисунке 4 представлен предлагаемый зонт вытяжной центральный из нержавеющей стали.



Рисунок 4 – Зонт вытяжной

Зонт вытяжной центральный на сварной конструкции из нержавеющей стали AISI 430, установлены лабиринтные фильтры, для очистки воздуха.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов

5.3.1 Пожароопасность

Возгорание на рассматриваемом участке окраски может возникнуть вследствие нарушения правил техники безопасности, использовании электроприборов. Согласно Федеральному Закону N 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» учитывая пожарную нагрузку в помещении возможны пожары класса В. С целью уменьшения риска

возникновения пожара на объекте разработаны мероприятия. К организационным мероприятиям относится инструктаж персонала. К эксплуатационным мероприятиям относятся правильная эксплуатация электрооборудования, профилактические ремонты, осмотры и испытания оборудования и устройств, в том числе систем безопасности. К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных норм и правил при устройстве и установке систем безопасности, подвода электропроводки, защитного заземления. К режимным мероприятиям относится запрещение курения на участке окраски.

Для уменьшения риска возникновения пожара по причине нарушения целостности электропроводки состояние электропроводки проверяется один раз в полгода согласно локальному приказу в соответствии с установленным графиком. Электропроводка выполнена кабелем с оболочкой из материала, не распространяющего горение.

5.4 Охрана окружающей среды

На рабочем месте маляра участка окраски образуется образование аэрозоля красочной пыли и паров растворителей. В автосервисе образуются практически все отходы с I по V классы опасности согласно Федеральному закону «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. N 89-ФЗ (с изменениями на 7 апреля 2020 года), объект находится вблизи от жилых застроек. Отходы утилизируются компаниями, оказывающими услуги по утилизации отходов автосервисов.

Предприятие проводит организационно-хозяйственные, технические и другие мероприятия направленные на выполнение условий и требований, содержащихся в разрешениях на выброс загрязняющих веществ в атмосферу, в том числе:

- принимать меры по снижению выбросов загрязняющих веществ;

- обеспечивать бесперебойную и эффективную работу оборудования для очистки выбросов.

Делаем вывод что предприятие автосервиса должны быть отделены от жилой застройки санитарно-защитными зонами в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно защитные зоны, санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

Для объектов, являющихся источниками воздействия на среду обитания, для которых санитарными правилами не установлены размеры санитарно-защитной зоны и рекомендуемые разрывы, а также для объектов I-III классов опасности, разрабатывается проект ориентировочного размера санитарно-защитной зоны. Ориентировочный размер санитарно-защитной зоны должен быть обоснован проектом санитарно-защитной зоны с расчетами ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха (с учетом фона) и уровней физического воздействия на атмосферный воздух и подтвержден результатами натурных исследований и измерений.

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

К потенциальным чрезвычайным ситуациям (ЧС) природного характера, возможным в г. Междуреченск, относятся: наводнения. ГУ МЧС России по Кемеровской области своевременно информирует объекты о ЧС. На анализируемом объекте разработан план мероприятий по обеспечению безопасности сотрудников в условиях ЧС. Кроме того, на рассматриваемом объекте могут возникнуть ЧС техногенного характера (внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах снабжения).

Для реализации мер по предотвращению обрушения здания создана комиссия, которая с периодичностью раз в полгода проводит осмотр здания и выносит предписания по необходимым мерам, а также следит за их выполнением. При наводнении сотрудники должны находиться на крыше здания до прибытия помощи подавая сигнал бедствия, самостоятельно выбираться из

затопленного района разрешено только при наличии причин как помощь пострадавшему или продолжающий подъем уровня воды при этом необходимо иметь плавающее средство.

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с трудовым кодексом, режим рабочего времени предусматривает продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями), продолжительность ежедневной работы (смены), в том числе неполного рабочего дня (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями. Компенсации при работе с вредными веществами не предусматриваются. Нормы труда могут быть пересмотрены по мере совершенствования или внедрения новой техники, технологии и проведения организационных либо иных мероприятий, обеспечивающих рост производительности труда, а также в случае использования физически и морально устаревшего оборудования.

Заработная плата работнику устанавливается трудовым договором в соответствии с действующими у данного работодателя системами оплаты труда.

5.7. Выводы по главе 5

Проведя исследование объекта на вопрос регулирования воздействия вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса, выявлено негативное воздействие вредных химических факторов на рабочем месте маляра. С целью устранения этих факторов был произведен расчет

вытяжного зонта для участка окраски. А так же в автосервисе образуются практически все отходы с I по V классы опасности, необходимо отделить предприятие от жилых застроек санитарно-защитными зонами.

На предприятии разработана локальная инструкция по действиям персонала при ЧС. На предприятии разработан комплекс организационных мероприятий по охране труда маляра.

Заключение

Выпускная квалификационная работа содержит в своей основе материалы производственной и преддипломной практик, анализ нормативно-технической документации, научной литературы по проблеме исследования. При выполнении выпускной квалификационной работы в результате анализа нормативных документов, технической и специальной литературы были решены поставленные задачи. Была рассмотрена нормативно-техническая документация по обеспечению пожарной безопасности предприятий автосервиса на всех уровнях – от федерального до локального и сформулированы основные общие требования пожарной безопасности. Изучен практический опыт в сфере применения систем противопожарной защиты, осуществлён выбор системы противопожарной защиты для анализируемого объекта.

Дана характеристика исследуемого объекта – автосервисного предприятия «Гермес Авто» г. Междуреченска Кемеровской области-Кузбасса, проанализирована применяемая в настоящее время система обеспечения противопожарной защиты. При изучении состояния пожарной безопасности объекта защиты были проведены:

- анализ пожарной опасности обращающихся в технологическом процессе веществ и материалов;
- оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования при нормальной работе и при выходе веществ наружу из технологического оборудования;
- анализ возможных причин и условий инициирования горения;
- определение возможных причин и условий для распространения пожара;
- расчет категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

Предварительное обследование объекта защиты позволило прийти к выводу, что используемая в настоящее время система пожарной безопасности нуждается в модернизации, которая была осуществлена проектным решением: произведен расчёт автоматической установки газового пожаротушения, разработан проект молниезащиты объекта.

Технические решения, принятые для повышения эффективности противопожарной защиты объекта, соответствуют требованиям санитарно-гигиенических, противопожарных и других нормативов, действующих на территории Российской Федерации, и обеспечивают безопасное для жизни и здоровья работников функционирование объекта при соблюдении предлагаемых мероприятий.

В работе произведен расчет среднегодового ущерба от пожара – 544 000 руб. Выбран вариант АУПТ. Стоимость дополнительных капитальных решений составила 100 731 руб. Эксплуатационные расходы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом – 11 600 руб. Подсчет инженерно-технических решений, имеющих минимум приведенных затрат – 59 200 руб., следовательно, вариант с применением автоматической установки объемного газового пожаротушения является экономически целесообразным.

В выпускной квалификационной работе проведена оценка воздействия вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте работника участка покраски. С целью оптимизации показателей воздуха рабочей зоны был произведен расчет вытяжного зонта, предложена его модель.

Таким образом, поставленные задачи решены, цель работы достигнута.

Список использованных источников

1. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Методические рекомендации для органов местного самоуправления по обучению населения мерам пожарной безопасности [Электронный ресурс] – URL: <https://inlnk.ru/YAjLХа>. Дата обращения: 01.02.2022 г.

2. Интернет-портал Хелпикс Орг [Электронный ресурс] – URL: <https://helpiks.org/6-73574.html>. Дата обращения: 02.02.2022 г.

3. Конституция РФ (с изменениями на 14.03.2020 г.) [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/9004937>. Дата обращения: 04.02.2022 г.

4. Российская Федерация. Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 года N 123-ФЗ (с изменениями на 27.12.2018 г.): [принят Государственной Думой 4 июля 2008 года]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644>. Дата обращения: 04.02.2022 г. – Текст: электронный.

5. Российская Федерация. Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 18 ноября 1994 года N 69-ФЗ (с изменениями на 01.04.2022 г.): [принят Государственной Думой 18 ноября 1994 года]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9028718>. Дата обращения: 05.04.2022 г. – Текст: электронный.

6. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» [Электронный ресурс] / МЧС России. – Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/602>. Дата обращения: 05.02.2022 г.

7. Российская Федерация. Федеральный закон. О обеспечении пожарной безопасности: Закон Кемеровской области – Кузбасса от 06.10.1997 г. N 33-ОЗ

(с изменениями на 24.12.2019 г.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/990103017>.
Дата обращения: 09.02.2022 г. – Текст: электронный.

8. СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения»: дата введения 2014-09-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200092705>. Дата обращения: 10.02.2022 г. – Текст: электронный.

9. СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования»: дата введения 2021-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686>. Дата обращения: 18.02.2022 г. – Текст: электронный.

10. СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре»: дата введения 2009-05-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145>. Дата обращения: 20.02.2022 г. – Текст: электронный.

11. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности»: дата введения 2013-02-25. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200098833>. Дата обращения: 3.03.2022 г. – Текст: электронный.

12. Приказ МЧС РФ от 18.06.2003 г. N 315 «Об утверждении норм пожарной безопасности «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией» (НПБ 110-03)» [Электронный ресурс] / МЧС России. – Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/normativnye-pravovye-akty-mchs-rossii/775/>. Дата обращения: 4.03.2021.

13. Приказ МЧС РФ от 20.06.2003 г. N 323 «Об утверждении норм пожарной безопасности «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» (НПБ 104-03)» – URL: <https://docs.cntd.ru/document/120009768023>. Дата обращения: 6.03.2022 г. – Текст: электронный.

14. ГОСТ 12.3.002-2014 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные: дата введения: 01.07.2016.– <https://docs.cntd.ru/document/1200124407> (дата обращения 8.03.2022 г.) – Текст: электронный.

15. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: СанПиН 1.2.3685-21; утв. Постановлением Главного государственного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года N 2. Справочно-правовая система «Гарант».

16. Электротехнический интернет-портал [Электронный ресурс] – URL: <http://www.amac.md/biblioteca/data/25/18/12/17.2.pdf>. Дата обращения: 9.03.2022 г.

17. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объекта: дата введения: 01.01.1985.– <https://docs.cntd.ru/document/1200003611> (дата обращения 14.03.2022 г.) – Текст: электронный.

18. ГОСТ 12.04.021-75 Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные: дата введения: 01.01.1977.– <https://docs.cntd.ru/document/1200003611> (дата обращения 14.03.2022 г.) – Текст: электронный.

19. ГОСТ 12.3.005-75 Система стандартов безопасности труда. Работы окрасочные. Общие требования безопасности: дата введения 01.07.1976.– <https://docs.cntd.ru/document/1200007331>(дата обращения 14.03.2022 г.) – Текст: электронный.

20. Приказ Минтруда России N 849н. Дата введения: 24.12.2020.– <https://docs.cntd.ru/document/573191719> (дата обращения 15.03.2022 г.) – Текст: электронный.

21. ГОСТ 9.402-2004 Межгосударственный стандарт. Единая система от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию. Дата введения: 01.01.2006.–

<https://docs.cntd.ru/document/1200040460> (дата обращения 16.03.2022 г.) – Текст: электронный.

22. Интернет-портал ModernTech [Электронный ресурс] – URL: http://moderntech.ru/support/pojarnaya_bezopasnost/trebovaniya_pojarnoj_bezopasnosti.html Дата обращения: 17.03.2022 г.

23. ГОСТ 12.1.005.88 Межгосударственный стандарт. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Дата введения: 01.01.1998.– <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения 16.03.2022 г.) – Текст: электронный.

24. ГОСТ 12.4.026-2015 Межгосударственный стандарт. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Дата введения: 01.03.2017.– <https://docs.cntd.ru/document/1200136061> (дата обращения 16.03.2022 г.) – Текст: электронный.

25. Электротехнический интернет-портал [Электронный ресурс] – URL: <https://www.elec.ru/library/direction/pue/razdel-7-3-5.html>. Дата обращения: 16.03.2022 г.

26. Электротехнический интернет-портал [Электронный ресурс] – URL: <https://www.elec.ru/library/direction/pue/razdel-7-3-6.html>. Дата обращения: 17.03.2022 г.

27. Сооружение компрессорных и нефтеперекачивающих станций магистральных трубопроводов / Э. В. Актабаев, О. А. Атаев, С. Я. Куриц. – Москва.: Недра, 1979. – 231 с.

28. Большая энциклопедия нефти и газа интернет-портал [Электронный ресурс] – URL: <https://www.ngpedia.ru/id228950p1.html>. Дата обращения: 23.03.2022 г.

29. Интернет-портал Дозор.ру [Электронный ресурс] – URL: <https://dozor.ru/signalizatsii/izveshchateli-datchiki-pozharnye/dymovye-pozharnye-izveshchateli/ip-212-45-izveshchatel-dymovoy-optiko-elektronnyu>. Дата обращения: 30.03.2022 г.

30. Интернет-портал Актив [Электронный ресурс] – URL: <https://www.aktivsb.ru/prod-7465.html>. Дата обращения: 30.03.2022 г.

31. Интернет-портал Грумант [Электронный ресурс] – URL: <https://www.grumant.ru/production/catalog/00006427>. Дата обращения: 30.03.2022 г.

32. Интернет-портал Экзит [Электронный ресурс] – URL: <https://exit-svet.ru/collection/svetovye-tablo-opoveschateli>. Дата обращения: 30.03.2022 г.

33. ГОСТ 12.1.004-91 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Дата введения: 01.07.1992.– <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения 03.04.2022 г.) – Текст: электронный.

34. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессоов. Дата введения: 01.01.2014.– <https://docs.cntd.ru/document/1200103505> (дата обращения 04.04.2022 г.) – Текст: электронный.

35. ГОСТ 12.1.044-2018. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Дата введения: 01.05.2019.– <https://docs.cntd.ru/document/1200160696> (дата обращения 05.04.2022 г.) – Текст: электронный.

36. ГОСТ 10214-78. Межгосударственный стандарт. Сольвент нефтяной. Дата введения: 01.01.1979.– <https://docs.cntd.ru/document/1200003656> (дата обращения 07.04.2022 г.) – Текст: электронный.

37. ГОСТ 12.1.044-89. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Дата введения: 01.01.1991.– <https://docs.cntd.ru/document/1200004802> (дата обращения 07.04.2022 г.) – Текст: электронный.

38. ГОСТ Р 51330.9-99. Государственный стандарт Российской Федерации. Электрооборудование взрывозащищенное. Дата введения: 01.01.2001. – <https://docs.cntd.ru/document/1200008221> (дата обращения 07.04.2022 г.) – Текст: электронный.

39. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Дата введения 01.08.2003 – <https://docs.cntd.ru/document/1200032102> (дата обращения 08.04.2022 г.) – Текст электронный.

40. Интернет-портал Vuzlit [Электронный ресурс] – URL: https://vuzlit.com/88420/analiz_vozmozhnosti_obrazovaniya_istochnika_zazhiganiya_goryuchey_srede. Дата обращения: 13.04.2022 г.

41. Интернет-портал Студопедия [Электронный ресурс] – URL: <https://studopedia.org/7-29745.html>. Дата обращения: 13.04.2022 г.

42. Студенческая библиотека – StudBooks [Электронный ресурс] – URL: https://studbooks.net/510110/bzhd/kratkoe_opisanie_tehnologicheskogo_protsessa. Дата обращения: 15.04.2022 г.

43. ГОСТ 27331-87. Государственный стандарт. Пожарная техника. Классификация пожаров. Дата введения: 01.01.1988.– <https://docs.cntd.ru/document/1200001394> (дата обращения 20.04.2022 г.) – Текст: электронный.

44. ГОСТ 12.1.007-76. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Дата введения: 01.01.1977.– <https://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения 22.04.2022 г.) – Текст: электронный.

45. Интернет-портал Студопедия [Электронный ресурс] – URL: <https://studopedia.org/7-29746.html>. Дата обращения: 25.04.2022 г.

46. СП 12.13130.2009. Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Дата введения: 01.05.2009 – <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения 26.04.2022 г.) – Текст: электронный.

47. НПБ 22-96. Нормы государственной противопожарной службы МВД России. Установки газового пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования и применения. Дата введения 01.08.2003 – <https://docs.cntd.ru/document/1200032102> (дата обращения 27.04.2022 г.) – Текст электронный.

48. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник / А. Я. Корольченко – Москва.: Пожнаука, 2004. – 731 с. ISBN-5-901283-02-3.

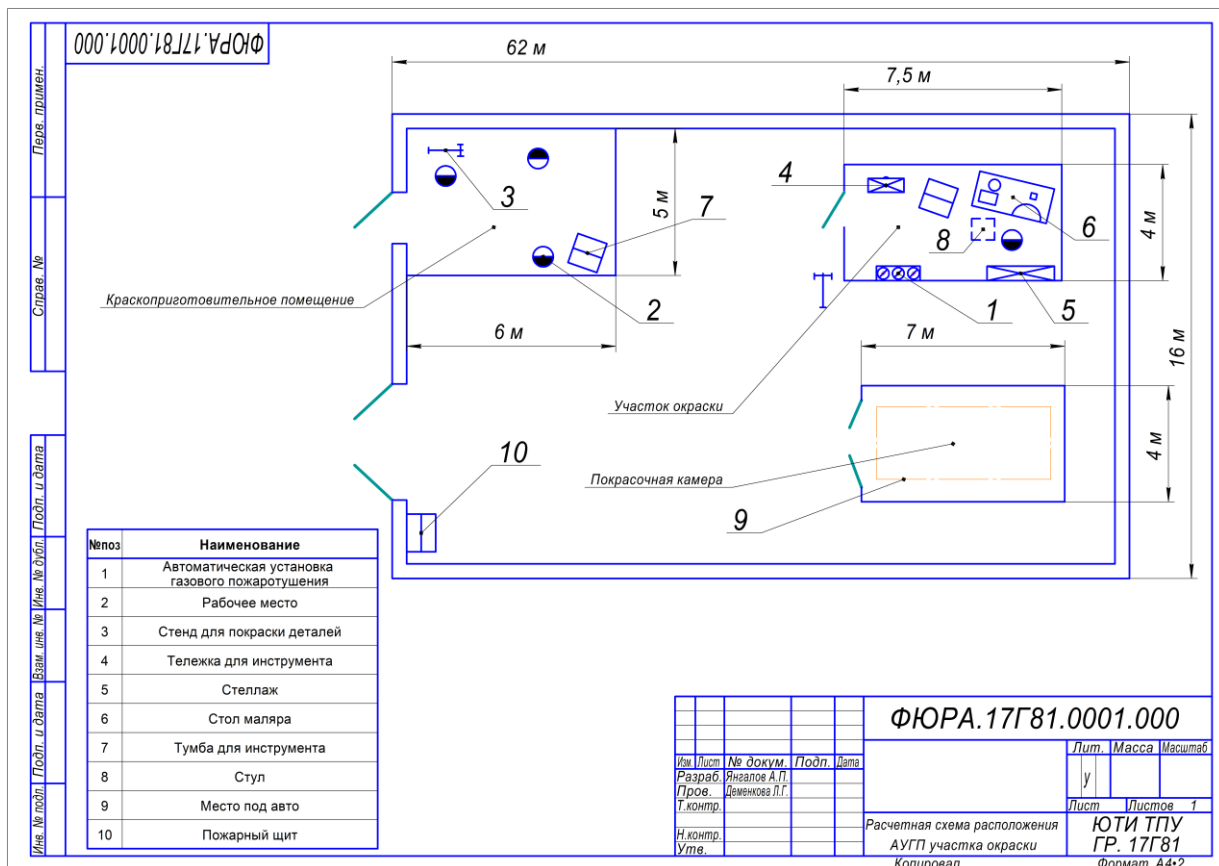
49. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений – <https://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 29.04.2022 г.) – Текст электронный.

50. ПУЭ 2.5.14. Правила устройства электроустановок. Дата введения: 01.10.2003. – <https://docs.cntd.ru/document/1200001394> (дата обращения 01.05.2022 г.) – Текст: электронный.

51. Приказ Минтруда России N 997н. Дата введения: 9.12.2014.– <https://docs.cntd.ru/document/420240108> (дата обращения 5.05.2022 г.) – Текст: электронный.

Приложение А

Расчетная схема расположения автоматической установки газового пожаротушения участка окраски



Приложение Б

Молниезащита здания автосервиса

Перв. примен.	ФЮРА.17Г81.001.000			
Справа. №	<p style="text-align: center;">Молниеприемная сетка</p>			
Подп. и дата	<p>□ - токоотводы от молниеприемной сетки</p> <p>● - заземлитель</p>			
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	ФЮРА.17Г81.001.000		
Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Инв. № подл.	Разраб.	Ю	Янгалов А.П.	Дата
	Проев.	Лист Листов 1		
	Т.контр.	Молниезащита здания автосервиса		
	Н.контр.	ЮТИ ТПУ		
	Утв.	гр. 17Г81		
		Копировал		Формат А4