

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



Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 280700 Техносферная безопасность
Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях
Кафедра безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Анализ пожарной опасности производственного объекта и расчет пожарного риска (на примере цеха № 27 Юргинского машиностроительного завода)	
УДК 614.84:725.42:629	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г20	Гринченкова Наталья Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. БЖДЭиФВ	Торосян Е.С.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭиАСУ	Нестерук Д.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭиФВ	Луговцова Н.Ю.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭиФВ	Филонов А.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе
направления 280700 – Техносферная безопасность

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.
P6	Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
	Универсальные компетенции
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.



Юргинский технологический институт
 Направление подготовки: 280700 Техносферная безопасность
 Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях
 Кафедра безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой БЖДЭиФВ
 _____ С.А. Солодский
 « ____ » _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
17Г20	Гринченковой Наталье Сергеевне

Тема работы:

Анализ пожарной опасности производственного объекта и расчет пожарного риска (на примере цеха № 27 Юргинского машиностроительного завода)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2016 г. № 28/с

Срок сдачи студентами выполненной работы:	10.06.2016 г.
---	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Железнодорожный цех № 27 является структурным подразделением ООО «Юргинский машзавод». Здания включает в себя железнодорожный цех размерами: длиной 60 м и шириной 33 м со встроенной трехэтажной административной частью. Площадь застройки АБК – 1173 м ² и здания депо 1992 м ² . Категории производственных помещений по взрывопожарной и пожарной опасности В1-В2. Состав работающего персонала в
---------------------------------	--

	железнодорожном цеху составляет 50 человек. Продолжительность рабочей смены АБК и депо – 8 часов в день, пятидневная рабочая неделя в одну смену.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Изучить нормативно-правовые акты по пожарной безопасности, технические нормы (Сводов правил (СП), строительные нормы и правила (СНиПов), нормы пожарной безопасности (НПБ) и т.д. 2 Провести анализ пожарной опасности в железнодорожном цехе № 27 ООО «Юргинского машзавода». 3 Рассмотреть возможные сценарии возникновения пожара в цех № 27. Описать причины возникновения и развития пожароопасных ситуаций, места их возникновения и факторы пожара, представляющих опасность для жизни и здоровья людей в местах их пребывания. 4 Произвести расчет величин потенциального и индивидуального пожарных рисков в здании железнодорожного цеха.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Нестерук Дмитрий Николаевич
Социальная ответственность	Луговцова Наталья Юрьевна
Нормоконтроль	Филонов Александр Владимирович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. БЖДЭиФВ	Торосян Е.С.			10.02.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г20	Гринченкова Наталья Сергеевна		10.02.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 87 страниц, 3 рисунка, 8 таблиц, 50 формул, 51 источник.

Ключевые слова: РИСК, АНАЛИЗ, ОЦЕНКА РИСКА, ПОЖАРНЫЕ РИСКИ, ОПАСНОСТЬ, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

Объектом исследования является состояние пожарной безопасности железнодорожного цеха № 27 ООО «Юргинский машиностроительный завод».

Целью выпускной квалификационной работы является определение уровня пожарной безопасности железнодорожного цеха № 27 ООО «Юргинский машиностроительный завод».

В процессе исследования проводился теоретический анализ и оценка риска, анализ пожарной опасности объекта, были определены основные величины для расчета пожарного риска.

В результате исследования была выявлена опасность для рабочего персонала, выявлены недоработки по обеспечению пожарной безопасности.

Для обеспечения безопасности и обоснования нарушений на предприятиях проводят оценку пожарного риска. Оценка пожарного риска на предприятии производится в соответствии с требованиями Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Качественно проведенные расчеты величин пожарного риска могут быть включены в декларацию пожарной безопасности объекта защиты.

Abstract

Final qualifying work pages, 87 two drawings, 3 sources, 8 tabulation, 50 formula.

Keywords: RISK, ANALYSIS, RISK ASSESSMENT, FIRE RISKS, DANGER, FIRE SAFETY.

The object of the research is fire risks railway workshop № 27 at «Yurga Machine-Building Plant».

The purpose – detection of the level of fire safety of railway workshop № 27 at «Yurga Machine-Building Plant».

The study identified the a theoretical analysis and risk assessment, fire hazard analysis of the object, the basic quantities for the calculation of fire risk have been identified.

The study was proposed revealed a risk for operating personnel, identified gaps to ensure fire safety.

To ensure the safety and justifications of the violations of the enterprises carry out a fire risk assessment. The fire risk assessment at the enterprise is performed in accordance with the requirements of the Federal law from 22 July 2008 No. 123-FZ «Technical regulations about requirements of fire safety». Qualitatively the calculations of the values of fire risk can be included in the Declaration of fire safety of object protection.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности. Система стандартов безопасности труда.

ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения.

ГОСТ Р 12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

ГОСТ Р 51897-2011 Менеджмент риска. Термины и определения.

СНиП 2.04.01-85*. Внутренний противопожарный водопровод.

СанПиН 2.2.4.548.96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.

СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение
Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

Оглавление

	С.
Введение	10
1 Обзор литературы	12
1.1 Понятие риска и его место в системе безопасности	12
1.2 Пожарные риски и их виды	13
1.3 Управление пожарными рисками	14
1.4 Анализ и оценка риска	15
1.5 Анализ пожарной опасности объекта	18
2 Объект и методы исследования	22
2.1 Характеристика железнодорожного цеха № 27 ООО «Юргинский машиностроительный завод»	22
2.2 Цель и функции цеха	23
2.3 Подразделения цеха	24
2.4 Краткая характеристика административно-бытового корпуса	24
2.5 Краткая характеристика депо железнодорожного цеха	24
2.6 Режим работы и состав рабочего персонала железнодорожного цеха № 27	27
2.7 Методика расчетов пожарного риска	27
3 Анализ пожарной опасности железнодорожного цеха № 27 ООО «Юргинского машиностроительного завода»	28
3.1 Оценка объекта защиты по пожарной безопасности	28
3.2 Анализ пожарной опасности объекта	30
3.3 Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций	31
3.4 Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев развития	32
3.4.1 Определение времени блокирования путей эвакуации для сценария № 1	32
3.4.2 Определение расчетного времени эвакуации при пожаре для сценария № 1	36
3.4.3 Определение времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара для сценария № 2	38
3.4.4 Определение расчетного времени эвакуации при пожаре для сценария № 2	40
3.4.5 Определение времени блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара для сценария № 3	44
3.4.6 Определение расчетного времени эвакуации при пожаре для сценария № 3	46
3.4.7 Определение времени блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара для сценария № 4	48
3.4.8 Определение расчетного времени эвакуации при пожаре для сценария № 4	50

3.5	Расчет величин потенциального и индивидуального риска в зданиях объекта	54
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	57
4.1	Оценка прямого ущерба	57
4.1.1	Ущерб основных производственных фондов	58
4.2	Оценка косвенного ущерба	61
4.2.1	Средства на ликвидацию пожара	62
4.3	Затраты, связанные с восстановлением железнодорожного цеха № 27	64
4.4	Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
5	Социальная ответственность	67
5.1	Описание рабочего места. Анализ вредных и опасных производственных факторов	67
5.2	Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды	67
5.2.1	Освещение цеха	67
5.2.2	Микроклимат	71
5.2.3	Производственный шум и меры борьбы с ним	72
5.2.4	Производственная вибрация и мероприятия по борьбе с ней	73
5.2.5	Загазованность и запыленность рабочей зоны	74
5.3	Анализ опасных факторов производственной среды	75
5.4	Охрана окружающей среды	75
5.5	Чрезвычайные ситуации на производстве	76
5.6	Заключение по разделу «Социальная ответственность»	76
	Заключение	78
	Список публикаций	80
	Список используемых источников	82

Введение

Развитие науки и техники в современном мире привело к созданию техносферы. Люди, используя новые технологии, упрощают свою жизнь, но процессы, протекающие в техносфере, постоянно контролировать не удается. В результате чего происходят пожары, которые представляют большую опасность для людей.

Наиболее достоверным подтверждением актуальности настоящей работы могут служить данные из официальной статистики Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Обстановка с пожарами в 2014 году в Российской Федерации характеризовалась следующими основными показателями:

- зарегистрировано 153002 пожаров;
- при пожарах погибло 10253 человека;
- при пожарах получили травмы 11089 человек;
- прямой материальный ущерб причинен в размере 1872331 млн. рублей.

За последние 5 лет на промышленных предприятиях произошло 16519 пожаров. Распространение пожара на значительную часть производственных помещений приводит к большому материальному ущербу, гибели людей. Основными причинами является нарушение правил эксплуатации электрооборудования и электроприборов, нарушение техники безопасности, а также человеческий фактор [1].

Для оценки уровня безопасности человека на промышленных предприятиях используют понятие риска. Последствия Чернобыльской аварии послужили началом интенсивного развития исследований теории и проблем риска. Исследованиями теории риска занимались такие русские ученые, как В.А. Акимов, А.А. Быков, Н.Н. Брушлинский, Ю.Л. Воробьев,

В.А. Владимиров, И.А. Болодьян, Ю.М. Глуховенко, Д.М. Гордиенко, Ю.И. Дешевых, С.В. Соколов, Ю.Н. Шебеко.

С развитием теории и проблем риска создаются нормативные и законодательные документы. Для обеспечения безопасности и обоснования нарушений по пожарной безопасности на предприятиях, необходимо проводить оценку пожарного риска. Оценка пожарного риска на предприятии производится в соответствии с требованиями Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Качественно проведенные расчеты величин пожарного риска могут быть включены в декларацию пожарной безопасности объекта защиты.

Целью выпускной квалификационной работы является определение уровня пожарной безопасности железнодорожного цеха № 27 ООО «Юргинский машиностроительный завод».

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Выявить возможные причины возникновения и развития пожароопасных ситуаций, места их возникновения и факторы пожара, представляющих опасность для жизни и здоровья людей в местах их пребывания.
2. Определить основные расчетные величины пожарного риска.
3. Произвести сравнительную оценку результатов индивидуального риска, полученных при расчетах, с индивидуальным допустимым риском.

Результаты проведенных исследований позволят установить соответствие объекта защиты требованиям пожарной безопасности. Помогут при обосновании выбора организационных, инженерно-технических мероприятий по обеспечению безопасности сотрудников железнодорожного цеха № 27 ООО «Юргинский машиностроительный завод».

1 Обзор литературы

1.1 Понятие риска и его место в системе безопасности

На современном этапе развития знаний о человеке и окружающей его среде для оценки какой-либо системы и уровня безопасности человека все чаще используется понятие риска. В последние десятилетия теория риска интенсивно развивается для оценки и анализа многих аспектов безопасности сложных технических, экономических и социальных систем, а также в области защиты людей от пожаров, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций [2].

Интенсивное развитие исследований проблем риска в нашей стране получило после Чернобыльской аварии, которая произошла 26 апреля 1986 года, когда страна показала идеологию «абсолютной безопасности» несостоятельной. В наши дни этот процесс перешел в область практической реализации – создаются новые законодательства и нормативно-методические документы в области безопасности [3–4].

Исследованию и анализу рисков посвящены работы таких Российских ученых как: В.А. Акимов, А.А. Быков, Н.Н. Брушлинский, Ю.Л. Воробьев, В.А. Владимиров, И.А. Болодьян, Ю.М. Глуховенко, Д.М. Гордиенко, Ю.И. Дешевых, С.В. Соколов, Ю.Н. Шебеко [5–7].

В настоящее время министерства и ведомства активно внедряют методологию анализа и управления рисками.

Понятие риска и его более общие определения тесно связаны с возможностью или вероятностью возникновения нежелательного события:

Однако риск может не только характеризовать возможность причинения вреда или ущерба, но характеризует и степень уверенности в реализации, т.е. можно сказать, что риск – это количественная мера опасности [8].

При вероятных (страстных) событиях риск характеризуется двумя самостоятельными компонентами: величиной ущерба от воздействия того или

иного опасного фактора и вероятность возникновения рассматриваемого фактора.

Наиболее общим показателем риска считается математическое ожидание ущерба от опасного события за год [9]:

$$\text{Показатель риска} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{время}} \right] = \text{частота} \left[\frac{\text{событие}}{\text{время}} \right] \cdot \text{средний ущерб} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{событие}} \right].$$

Каждую опасность характеризуют много разных рисков, которые оценивают разные параметры и стороны этой опасности.

В современных условиях при управлении рисками можно уменьшить степень опасности объекта защиты, следовательно, увеличить и повысить степень безопасности данного объекта до максимально возможного. Только в этом смысле можно сказать о «состоянии защищенности» объекта от угрожающих ему опасностей [10].

1.2 Пожарные риски и их виды

В развитии нашего общества такие понятия как риск, обеспечение уровня пожарной безопасности и уровня пожарной опасности становится все важнее и важнее. Под уровнем пожарной опасности понимается такая ситуация, которая представляет собой угрозу жизни или здоровью людей, нанесение материального ущерба из-за пожара. Уровень безопасности людей должен составлять 0,999, а уровень пожарной опасности не должен превышать одну миллионную в год [11].

Для объектов защиты основными пожарными рисками является в первую очередь число пожаров на одного человека (R_1), т.е. вероятность для каждого человека столкнуться с пожаром в течение года. Риск R_2 – вероятность погибнуть при пожаре. Риск R_3 – количество погибших от пожаров за год и вероятность гибели человека [12–14].

Пожарные риски классифицируются на три вида:

- индивидуальный, при этом оценивается возможность гибели одного человека;
- социальный, анализируется степень опасности, которая может привести к гибели группы людей;
- допустимый, связан с материальными потерями [11].

Выявляя отдельные факторы, которые влияют на уровень риска, можно воздействовать на них, т.е. риском можно целенаправленно управлять. Если допустить возможность управления риском, то значит, в известном смысле и в определенной степени, можно управлять опасностью (в том числе – пожарной), угрожающей объекту защиты [12].

1.3 Управление пожарными рисками

Для выявления мероприятий по управлению риска в качестве критерия эффективности, как правило, используется показатель индивидуального риска (табл. 1.1). Для этих целей установлены количественные значения приемлемого риска, пренебрежимого риска, неприемлемого риска.

Таблица 1.1 – Количественные значения определения показателей индивидуального риска для зонирования территорий по степени опасности от чрезвычайных ситуаций [15].

Качественные значения риска	Количественные значения критерии индивидуального риска, чел/год	Вид применяемых мер Администрации территорий
Приемлемый риск	$R_{ei} < 10^{-5}$	Нет необходимости в мероприятиях по уменьшению времени.
Пренебрежимый риск	$10^{-5} < R_{ei} < 10^{-3}$	Зона местного покрова, необходимо оценка целесообразности мер по уменьшению риска.
Неприемлемый риск	$R_{ei} > 10^{-3}$	Необходимы неотложные меры по уменьшению риска.

Управляя пожарными рисками, можно воздействовать на определенные факторы, тем самым понижая значения рисков до приемлемых.

Прослеживать динамику пожарных рисков позволяет зависимость рисков от времени.

Пожарный риск как функция нескольких переменных и его зависимость от времени [16]:

$$R = j[S(t), T(t), N(t)] = F(t), \quad (1.1)$$

где R – пожарный риск;

S – социальные факторы и причины пожаров;

t – время;

N – природные факторы и причины пожаров;

T – техногенные факторы и причины пожаров.

Существует три группы причин возникновения пожаров: природные, техногенные и социальные. К природным причинам пожаров относятся удары молнии, энергия Солнца, самовозгорание и т.п.

К техногенным причинам пожаров относятся неисправности в электроприборах и электросетях, системах отопления, инженерных сетях и приборах.

К социальным причинам относятся поджоги, обращение с открытым пламенем, небрежность при курении, нарушение техники безопасности, где виновником пожара является человеческий фактор [17].

Все достижения науки о пожаре, пожарно-технические разработки, способы и методы обеспечения пожарной безопасности являются средствами управления пожарными рисками.

1.4 Анализ и оценка риска

Одной из основных особенностей анализа технологического и пожарного рисков является изучение негативных последствий, которые могут возникнуть в результате сбоев, произошедших в технологических процессах.

Примером того может послужить отказ в работе технических системах или ошибка, допущенная обслуживающим персоналом. В данной ситуации можно рассматривать также и негативные воздействия на окружающую природную среду и на людей при ведении производства и его нормальном функционировании за счет утечки вредных веществ или выбросов опасных газов, а также слив неочищенных стоков.

Подведение итогов анализа риска имеют существенное значение для того, чтобы принять рациональные и обоснованные решения при определении места проектирования и размещения производственных объектов, при хранении и транспортировании опасных материалов и веществ. В ходе анализа риска выявляют разнообразные ситуации и процедуры, с которыми сталкивается специалист в процессе своей деятельности, особенно в случае возникновения чрезвычайной обстановки [18].

Анализ риска имеет ряд общих положений независимых от специфики решаемых задач и конкретной методики анализа:

- определение допустимого уровня риска для рабочего персонала, населения и защиты окружающей природной среды;
- определение допустимого уровня риска происходит в тот момент, когда информация недостаточно проверена, особенно это затрагивает новую технику и технологии процессов;
- в ходе анализа необходимо решать вероятностные задачи, которые могут привести к расхождениям в полученных результатах;
- анализ риска необходимо рассматривать как процесс решения многокритериальных задач, которые в свою очередь могут возникнуть в виде компромисса между сторонами, заинтересованными в результатах [18].

Анализом риска является систематическое использование информации, необходимой для выявления опасностей, оценки риска для имущества, некоторых групп населения, отдельных лиц или окружающей среды. В большинстве случаев анализ риска проходит в несколько этапов:

1. Планирование и организация работ. В момент проведения данного этапа необходимо:

- указать проблемы и причины, которые вынуждают для проведения анализа;
- определить анализируемую систему и выполнить ее полное описание;
- подобрать команду необходимую для проведения анализа;
- выявить источники информации о безопасности системы;
- сформулировать исходные данные, обуславливающие пределы риск-анализа;
- четко определить критерии приемлемого риска и цели риск-анализа.

2. Идентификация опасностей. Одной из основных задач на данном этапе является информация об объекте, результаты экспертизы, а также четкое описание всех присущих системе опасностей. Это наиболее ответственный этап анализа и относится он к такому по причине того, что не выявленные на этом этапе опасности исчезают из поля зрения и не рассматриваются далее.

3. Оценка риска. Оценка пожарного риска представляет собой процесс анализа и подсчета пожарного риска, в ходе которого рассматриваются сценарии пожара, вероятности их возникновения и последствия с использованием одного или более порогов допустимости.

Оценка риска необходима для выявления опасностей с неприемлемым уровнем риска с целью дальнейших разработок рекомендаций и мер по уменьшению опасностей. При этом критерии приемлемого риска и результаты оценки риска могут быть выражены как качественно, так и количественно [19].

Качественные методы применяются для определения наиболее опасных событий. Качественный анализ предполагает описание возможного ущерба, его стоимостной оценки и мер по снижению или предотвращению риска.

Качественные методы направлены в основном на осуществление логического анализа установления существования различных видов риска, определяющих их факторов, причин и возможных последствий [20].

Методы количественного анализа и оценки рисков направлены на численное определение размеров как отдельных рисков, так и риска предприятия в целом. Исходной информацией для проведения количественного анализа служат итоговые результаты качественного анализа. При использовании количественных методов риск рассчитывается с использованием двух основных компонентов: частоты или вероятности возникновения разрушительного пожара и последствий этого события. Этот метод позволяет определить источники опасности, несчастные случаи, потенциальные аварии. Выбор количественного метода зависит от назначения объекта, его сложности и от цели анализа [20].

В соответствии со статьей 94 ФЗ 123-ФЗ и Правил проведения расчетов по оценке пожарного риска, оценка пожарного риска осуществляется в несколько этапов:

- определение частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- оценка последствий возникновения нежелательных событий;
- сочетания этих видов анализа [11, 21].

Для определения частоты нежелательных событий необходимо использовать:

- статистические данные по надежности технической системы и ее аварийности;
- логические методы анализа («деревья отказов», «деревья событий»), имитационные модели возникновения аварий в системе «человек – машина – окружающая среда»;
- экспертные оценки путем учета мнения специалистов в данной области [22].

4. Разработка рекомендаций по уменьшению риска.

1.5 Анализ пожарной опасности объекта

При анализе пожарной опасности объекта необходимо определить:

- индивидуальный риск R ;
- социальный риск S .

Технологическая установка считается пожароопасной и ее эксплуатация недопустима, если индивидуальный риск $R > 1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ или социальный риск $S > 1 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$ [11].

Анализ пожарной опасности объекта производят в следующей последовательности:

- разрабатывают и анализируют сценарии возможных вариантов аварий (в том числе крупной, проектной и максимальной);
- разрабатывают и анализируют логические схемы развития аварий;
- рассчитывают значения индивидуального и социального рисков и сравнивают их с нормативными величинами.

При $1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1} \geq R \geq 1 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ и $1 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1} \geq S \geq 1 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ принимают все возможные и достаточные меры для уменьшения рисков и обосновывают принятый вариант обеспечения пожарной безопасности производства [22].

Для разработки мер, направленных на уменьшение рисков, выявляют факторы взрывопожарной опасности процесса (проводят анализ взрывопожарной опасности технологического процесса). При отсутствии необходимых данных для определения рисков допускается использование иных критериев (параметров) пожарной опасности технологических процессов. К таким параметрам, в частности, относятся:

- избыточное давление, развиваемое при сгорании газо- или паровоздушной смеси в помещении;
- размеры зон, ограниченных нижним концентрационным пределом распространения пламени газов и паров;
- тепловое излучение пожара пролива СУГ, ЛВЖ или ГЖ;
- размеры зон распространения облаков горючих паров и газов при аварии;
- тепловое излучение «огненного» шара;

- параметры волн давления при сгорании газо- или паровоздушных смесей в открытом пространстве и ряд других критериев.

Найденные численные значения параметров сопоставляют с предельно допустимыми (регламентированными) значениями, установленными требованиями действующих нормативных документов. При необходимости предлагают и разрабатывают профилактические и защитные мероприятия, позволяющие снизить опасные значения параметров до нормативного уровня [22].

В целях обеспечения объективности при проведении анализа не учитывают имеющиеся в проекте или на действующем производстве системы обеспечения пожарной безопасности. Сравнение требуемых по результатам анализа противопожарных мероприятий с решениями, принятыми в производственно-технической документации, позволяет обоснованно дополнить их необходимыми мерами по защите производства и отказаться от тех мероприятий, использование которых ничем не обосновано.

Основой для анализа пожарной опасности объекта служит проектная или производственная документация:

- генеральный или ситуационный план производственного объекта;
- технологический регламент производства или расчетно-пояснительная записка к технологической части проекта;
- общие виды и разрезы основного технологического оборудования;
- планы размещения основного технологического оборудования в производственных помещениях или на открытых площадках [23].

Недостатками по обеспечению пожарной безопасности на объектах являются:

- неисправна или отсутствует автоматическая пожарная сигнализация и система оповещения людей о пожаре;
- недостаточное количество первичных средств пожаротушения;
- нарушены требования норм электроустановок с инструкциями по эксплуатации или же устаревшие электросети;

- пути эвакуации обработаны сгораемым материалом и отделкой;
- знания и навыки поведения сотрудников и обучающихся при чрезвычайных ситуациях недостаточны [24].

На рисунке 2.1 представлен алгоритм обеспечения пожарной безопасности объекта защиты.



Рисунок 2.1 – Алгоритм обеспечения пожарной безопасности объекта защиты

Проводя анализ пожарной опасности объекта защиты, для начала определяются и анализируются все пожарные риски на данном объекте, затем оценивается их текущее значение и определяются допустимые значения для всех пожарных рисков.

После этого подбираются и разрабатываются методы и технологии управления каждым риском, используя их и тем самым обеспечивая пожарную безопасность объекта [24–25].

2 Объект и методы исследования

2.1 Характеристика железнодорожного цеха № 27 ООО «Юргинский машиностроительный завод»

Железнодорожный цех № 27 является структурным подразделением в составе дирекции по производству ООО «Юргинский машзавод». Цех введен в эксплуатацию в 1942 году, площадь которого составляет 3165 м². Железнодорожный цех представляет собой одноэтажное помещение депо и пристроенное к нему трехэтажное кирпичное здание административно-бытового корпуса. В своем подразделении цех располагает железнодорожной веткой.

Железнодорожная ветка вступила в действие в 1942 году, протяженность которой составляет 41 км. Эксплуатационные железнодорожные пути не общего пользования ООО «Юргинский машзавод» располагаются при станции Юрга-I Западно-Сибирской железной дороги – филиала ОАО «РЖД». Ж.д. пути, по которым перевозятся вагоны с опасными грузами, расположены как на территории промплощадки ООО «Юргинский машзавод», так и в районе промплощадок других предприятий в удалении от цехов [26].

2.2 Цель и функции цеха

Целью деятельности ж.д. цеха № 27 является удовлетворение потребности структурных подразделений организации и внешних потребителей в транспортных услугах железнодорожного цеха.

Основной задачей является доставка вагонов по маршруту станция «Юрга-1» – территория общества, а так же контрагентам, имеющим свои или арендованные ж.д. пути, примыкающие к ж.д. путям не общего пользования ООО «Юргинский машзавод». Дополнительными задачами ж.д. цеха являются:

- междоусебные перевозки грузов на вагонах местного парка;
- оказание услуг по подаче-уборке вагонов сторонним организациям;
- ремонт и текущее содержание ж.д. путей;
- ремонт тепловозов, ж.д. кранов и вагонов;
- погрузо-разгрузочные работы.

Цех обеспечивает потребность предприятия в ж.д. транспорте, осуществляет вывоз отходов металлургического производства на шлакоотвал, перемещает тяжелые грузы. Осуществляет перевозку вагонов с опасными грузами: кислород, щелочь, серная кислота, а также такими материалами как уголь, горячие металлы, полуфабрикаты и готовой продукцией между подразделениями предприятия ООО «Юргинский машзавод» [27].

Для транспортирования и подъема материалов, заготовок и изделий в железнодорожном цехе № 27 используют следующий вид транспорта:

- железнодорожные платформы;
- тепловозы ТЭМ 2 – 4 ед.;
- кран КЖД – 4 ед.;
- мотовоз ДГКу-5 – 1 ед.

2.3 Подразделения цеха

В состав цеха входят следующие производственные подразделения:

- здание цеха депо;
- административно-бытовой корпус;
- станция Заводская;
- станция Мартеновская;
- станция Центральная.

Цех имеет и другие помещения: вагончик строительный, гараж для стоянки тракторов, электрических погрузчиков, здание дежурных по переезду, помещение экипировочного хозяйства.

Станция Заводская – регулирует приход грузов на завод, формирует составы для координации отправки в адрес контрагентов. Вагоны с грузом приходят со станции Юрга – 1, принимает ОАО РЖД. На станции находится один приемосдатчик и дежурный. Станция работает в четыре смены, одна смена – 12 человек.

Станция Мартеновская – регулирует постановку вагонов в цехе металлургического производства. Станция работает в одну смену, на станции один приемосдатчик и дежурный.

Станция Центральная – регулирует постановку вагонов в основные цеха, основное шахтное производство, вспомогательное производство, т.е. то, что не относится к металлургическим цехам. Регулирует дежурный по станции, а выполняет начальник смены.

2.4 Краткая характеристика административно-бытового корпуса

Административно-бытовой корпус – (АБК) представляет собой трехэтажное кирпичное здание, площадью 1620 м². В таблице 2.1 представлено поэтажное расположение помещений в АБК.

Таблица 2.1– Поэтажное расположение помещений в АБК

Этаж	Кабинеты
I этаж	Сушилка, гардеробная, душевая.
II этаж	Кабинет медицинского осмотра, архив, завхоз, начальник цеха, приемная, зам. начальника цеха, начальник депо; табельная, сушилка, сан. узел.
III этаж	Коммерческое бюро, бухгалтерия, бюро труда и заработной платы, техническое бюро, учебный класс.

2.5 Краткая характеристика депо железнодорожного цеха

Депо ж.д. цеха представлено в виде производственного помещения площадью 1992 м². В депо осуществляется ТО и ТР локомотивов и ж.д. кранов.

Основной ремонт локомотивов осуществляют в г. Топки, в железнодорожном депо.

В состав депо входят следующие производственные подразделения:

Механический участок (1 пролет)

Механический участок (1 пролет) предназначен для проведения мелкого ремонта, механической обработки узлов и деталей подвижного состава локомотивного депо. На механическом участке расположена ванна с дизельным топливом для промывки деталей при ремонте.

Основным оборудованием являются металлообрабатывающие станки:

- станок фрезерный – 1 ед.;
- станок заточной – 1 ед.;
- станок токарный – 3 ед.;
- станок заточной – 1 ед.;
- станок долбежный – 1 ед.;
- станок сверлильный – 3 ед.

Кузница

Кузница предназначена для изготовления необходимых деталей. В качестве топлива для горнов используется уголь. Основным технологическим оборудованием кузнечного участка является кузнечный горн и молот. Уголь хранится в контейнере, емкостью 100 кг. Кузница оборудована вытяжной вентиляцией.

В кузнечном горне проводят нагрев деталей под ковку. Расход угля составляет 0,2 т/год. Зольность угля составляет 14,0 %. Кузнечный молот предназначен дляковки деталей нагретых в кузнечном горне.

Ремонтный участок (2 пролет)

Ремонтный участок (2 пролет) предназначен для проведения ремонтных работ, ТО и ТР. Основным технологическим оборудованием участка является колесофрезерный и заточной станки. Время работы – не более 1250 часов в год.

Ремонтный участок (3 пролет)

Ремонтный участок (3 пролет) предназначен для проведения мелкого

ремонта, ТО и ТР, механической обработки узлов и деталей подвижного состава локомотивного депо.

Гараж-стоянка

Гараж находится на предцеховой территории, предназначен для стоянки тракторов МТЗ-60, МТЗ-80.

Склад ГСМ

Склад ГСМ предназначен для хранения масла используемого в технологическом процессе, а так же отработанных масел. На склад привозят масло в закрытых возвратных емкостях. Используется временное хранение дизельного масла емкостью 600 л.

В депо имеются заправочные емкости для хранения дизельного топлива. Годовой расход топлива составляет 200 т/год. Емкость топливных баков ж.д. кранов и тепловозов с дизельным топливом составляет 500 л. и 6200 л.

Аккумуляторная

Наименование и тип аккумуляторных батарей, заряжаемых в аккумуляторной: 6СТ-132; 32ТН-450; 6СТ-182; 3СТ-215.

Две кладовых запасных частей

Склад лакокрасочных материалов

На территории цеха депо по мере необходимости проводятся окрасочные работы методом пневматического распыления с последующей сушкой. Для нанесения покрытий используется эмаль ПФ-115 в количестве 265 кг/год. Краска поставляется в железных банках. Масса краски в одной банке – 20 кг.

Сварочный пост

Сварочный пост предназначен для ремонта основного и технологического оборудования. Сварной пост БКСМ-1000 оборудован местной вентиляцией. Сварочная кабина профильная, металлическая. Для сварочных работ используются следующие марки электродов: УОНИ-13/55 – 720 кг/год. Используется ручная дуговая сварка.

2.6 Режим работы и состав рабочего персонала железнодорожного цеха № 27

Состав работающего персонала в железнодорожном цеху составляет 50 человек. Продолжительность рабочей смены АБК и депо – 8 часов в день, пятидневная рабочая неделя в одну смену.

2.7 Методика расчетов пожарного риска

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 31 марта 2009 г. № 272 в отношении производственных объектов была разработана и утверждена «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». На рисунке 2.2 представлена последовательность задач, которые ставит методика для определения расчетных величин пожарного риска.



Рисунок 2.2 – Последовательность задач по определению расчетных величин
пожарного риска

3 Анализ пожарной опасности железнодорожного цеха № 27 ООО «Юргинского машиностроительного завода»

3.1 Оценка объекта защиты по пожарной безопасности

Объект – производственное здание. Площадь застройки АБК – 1173 м² и здания депо 1992 м².

Здания включает в себя железнодорожный цех размерами: длиной 60 м и шириной 33 м со встроенной трехэтажной административной частью.

Категории производственных помещений по взрывопожарной и пожарной опасности В1-В2.

При возведении здания все основные строительные конструкции являются несгораемыми. Здание цеха имеет II степень огнестойкости, так как:

Фундамент – бетон ленточный.

Стены – кирпичные.

Перегородки – кирпичные.

Перекрытие – фонарное по металлическим фермам, фермы закреплены на металлических колоннах.

Кровля – покрытие совмещенное, защитный настил из досок, четыре слоя рубероида.

Пол – бетонный.

Внутренняя отделка: – стены оштукатурены и побелены [28–30].

Водоснабжение

Внутреннее: На сети внутреннего противопожарного водопровода диаметром 51 мм расположено 4 пожарных крана общим расходом 22,5л/с. Раз в год проводится проверка на водоотдачу и перекатку рукавов на новую скатку. Три пожарных крана укомплектованы пожарным рукавом и двумя огнетушителями, которые располагаются на лестничном марше АБК на всех трех этажах. Четвертый кран находится в помещении цеха депо.

Наружное: Здание цеха не оборудовано наружным противопожарным водопроводом. На улице, на территории цеха имеется пожарная цистерна с водой, объемом 5 т [31].

Сигнализация ДТЛ находится в неисправном и нерабочем состоянии. Извещение о пожаре через АТС ОАО «Юрмаш».

Вентиляция естественная, установок дымоудаления нет.

Электроснабжение осветительное и силовое, напряжение 220–380 В.

Теплоснабжение. Отопление – водяное, центральное.

Здание цеха оборудовано первичными средствами пожаротушения – огнетушители углекислотные и порошковые. На каждом этаже здания АБК по два огнетушителя, один порошковый и один углекислотный. В депо имеется один воздушно-пенный огнетушитель. Проверка углекислотных огнетушителей проводится один раз в год, каждые три месяца проводится внешний осмотр огнетушителей. На мотовозе, тепловозах, тракторе и кранах также по два огнетушителя – углекислотный и порошковый. На каждом участке работ по одному углекислотному огнетушителю.

Всего железнодорожным цехом приобретено 37 огнетушителей, из них:

- 14 штук типа ОУ-3;
- 18 штук типа ОУ-5;
- один типа ОУ-8;
- 3 штуки типа ОП-4;
- один типа ОВП-100.

Срок перезарядки огнетушителей истек, углекислоты в цехе нет, огнетушители находятся в нерабочем состоянии.

Оборудовано два места для курения: у ж.д. ворот около здания депо на улице и в депо под комнатой мастеров.

Промасленные опилки и бытовой мусор складываются в специальные идентифицированные емкости с закрывающимися крышками. В середине первого пролета механического участка установлены две емкости [34].

Лестничные марши обработаны огнестойким составом. Объемные самосветящиеся знаки пожарной безопасности находятся в исправном состоянии.

Разработаны и на видных местах вывешены схематические планы эвакуации людей в случае пожара. Основными путями эвакуации из здания являются эвакуационные выходы. На каждом этаже по два эвакуационных выхода [32].

3.2 Анализ пожарной опасности объекта

Пожарная опасность здания обусловлена наличием в нем условий для возникновения и развития пожара (горючей среды, источников зажигания и окислителя – кислорода воздуха).

Основную горючую среду в здании депо составляет горючее дизельное топливо и масло. На механическом участке, в первом пролете, расположена ванна с дизельным топливом для промывки деталей при проведении мелкого ремонта, механической обработки узлов и деталей подвижного состава локомотивного депо. Также используется временное хранение дизельного масла емкостью 600 л.

В депо имеются заправочные емкости для хранения дизельного топлива. Емкость топливных баков ж.д. кранов и тепловозов с дизельным топливом составляет 500 л. и 6200 л.

В АБК пожарная нагрузка представлена в виде строительных и отделочных материалов, мебели, компьютеров, большого скопления бумаги, старых деревянных окон.

Возможными источниками зажигания могут быть:

- открытый огонь в виде тлеющей сигареты, зажженной спички и т.п.;
- искры, образующиеся при проведении сварочных работ и металлообработки;

- тепловые проявления аварийной работы электрических приборов и аппаратов;

- тепло электронагревательных приборов;

- разряды атмосферного и статического электричества [33–35].

Опасность жизни и здоровью людей при пожаре представляют опасные факторы пожара и их вторичные проявления:

- пламя и искры;

- повышенная температура;

- дым, токсичные продукты горения и термического разложения;

- пониженная концентрация кислорода;

- осколки, части разрушившегося остекления;

- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций и аппаратов [36–38].

3.3 Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций

Согласно приложению № 1 к п. 8 Методики для рассматриваемого здания частота возникновения пожара в течение года составляет: $1,2 \cdot 10^{-5}$ – для административной части здания и $0,6 \cdot 10^{-5}$ для производственной части здания [39].

В железнодорожном цехе размещаются 4 пожароопасных помещения площадью 391 м^2 – здание первого, второго и третьего этажа АБК и 1992 м^2 – депо железнодорожного цеха.

Люди, работающие в помещениях объекта, закреплены за своим оборудованием и остаются в своем помещении на протяжении всего рабочего дня. В связи с этим частота реализации пожароопасной ситуации определяется для каждого помещения отдельно.

Частоту реализации пожароопасных ситуаций находим по формуле:

$$Q = Q_j \cdot S, \quad (3.1)$$

где Q_j – частота реализации в течение года j -го сценария пожара, год^{-1} ;

S – площадь помещения, м^2

Частота реализации пожароопасных ситуаций для первого, второго, третьего этажа АБК определяем по формуле (3.1):

$$Q = 391 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 4,692 \cdot 10^{-3}.$$

Частота реализации пожароопасных ситуаций в депо по формуле (3.1):

$$Q = 1992 \cdot 0,6 \cdot 10^{-5} = 0,012.$$

3.4 Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев развития

3.4.1 Определение времени блокирования путей эвакуации для сценария № 1

В железнодорожном цехе в АБК на первом этаже в гардеробе площадью 45 м^2 происходит возгорание промасленной одежды рабочих. В гардеробе в это время находится 20 человек. Первый этаж имеет два эвакуационных выхода. Характеристики свойств горючих нагрузок для гардероба, взятые из литературных источников следующие: Теплота сгорания $Q = 16 \text{ МДж/кг}$; дымообразующая способность $D = 47 \text{ Н}_\Pi \cdot \text{м}^2/\text{кг}$; линейная скорость распространения пламени: $0,007 \text{ м/с}$; удельный выход углекислого газа $L = 0,880 \text{ кг/кг}$; удельный выход угарного газа $L = 0,063 \text{ кг/кг}$; удельное потребление кислорода $L=1,560 \text{ кг/кг}$; удельная массовая скорость выгорания $\Psi_{\text{уд}} = 0,009 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ [39].

Определяем геометрические характеристики помещения.

Высоту рабочей зоны определяем по формуле:

$$h = h_{\Pi\Pi} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \quad (3.2)$$

где $h_{\Pi\Pi}$ – высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м;

δ – разность высот пола, равная нулю при горизонтальном его расположении, м.

Высота рабочей зоны:

$$h = 1,7.$$

Свободный объем помещения определяем по формуле:

$$V = 0,8 \cdot H \cdot S, \quad (3.3)$$

где H – высота помещения;

S – площадь помещения, m^2 .

$$V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 391 = 782 m^3.$$

Параметр A для распространения пламени по поверхности материала по формуле:

$$A = 1,05 \cdot \Psi_F \cdot v^2, \quad (3.4)$$

где Ψ_F – удельная массовая скорость выгорания вещества, $кг/(m^2 \cdot c)$;

v – линейная скорость распространения пламени, $м/с$.

$$A = 1,05 \cdot 9 \cdot 10^{-3} \cdot 7 \cdot 10^{-2} = 4,631 \cdot 10^{-5}.$$

Размерный комплекс B , который зависит от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения определяем по формуле:

$$B = \frac{353 \cdot C_P \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q}, \quad (3.5)$$

где C_P – удельная изобарная теплоемкость воздуха, $МДж/кг$;

V – свободный объем помещения, $м^3$;

φ – коэффициент теплопотерь;

η – коэффициент полноты горения;

Q – низшая теплота сгорания материала, $МДж/кг$.

$$B = \frac{353 \cdot 1010 \cdot 782}{(1 - 0,01) \cdot 0,7 \cdot 16000} = 2,514 \cdot 10^4.$$

Параметр Z учитывает неравномерность распределения опасного фактора пожара по высоте помещения по формуле:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right), \quad (3.6)$$

где h – высота рабочей зоны, м;

H – высота помещения, м.

$$Z = \frac{1,7}{2,5} \cdot \exp\left(1,4 \frac{1,7}{2,5}\right) = 1,762.$$

Критическую продолжительность пожара по повышенной температуре определяем по формуле:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_o}{(273 + t_o) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}, \quad (3.7)$$

где t_o – температура воздуха в помещении, °С.

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{2,514 \cdot 10^4}{4,631 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 20}{(273 + 20) \cdot 1,762} \right] \right\}^{1/2} = 118,091_{мин}.$$

Критическую продолжительность пожара по потере видимости определяем по формуле:

$$t_{кр}^{n.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}, \quad (3.8)$$

где α – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E – начальное освещение, лк;

l_{np} – предельная дальность видимости в дыму, м;

D_m – дымообразующая способность горящего материала, Нп·м²/кг;

n – показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени.

$$t_{кр}^{n.в.} = \left\{ \frac{2,514 \cdot 10^4}{4,631 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 2,514 \cdot 10^4 \cdot 61 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 3,06_{мин}.$$

Критическую продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода определяем по формуле:

$$t_{kp}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (3.9)$$

где L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг горючего вещества, кг/кг.

$$t_{kp}^{O_2} = \left\{ \frac{2,514 \cdot 10^4}{4,631 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{2,514 \cdot 10^4 \cdot 1,560}{782} + 0,27 \right) \cdot 1,762} \right]^{-1} \right\}^{1/2} = 8,644 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по выделению угарного газа по формуле:

$$t_{kp}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}, \quad (3.10)$$

$$t_{kp}^{CO} = \left\{ \frac{2,514 \cdot 10^4}{4,631 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot 0,11}{2,874 \cdot 10^4 \cdot 0,880 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 7,003 \text{ мин.}$$

Критическая продолжительность пожара по выделению углекислого газа:

$$t_{kp}^{CO_2} = \left\{ \frac{2,514 \cdot 10^4}{4,631 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot 0,11}{2,874 \cdot 10^4 \cdot 0,880 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 18,254 \text{ мин.}$$

Критическая продолжительность пожара по выделению хлороводорода:

$$t_{kp}^{HCL} = \left\{ \frac{2,514 \cdot 10^4}{4,631 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{2,874 \cdot 10^4 \cdot 0 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 10,148 \text{ мин.}$$

Время блокирования эвакуационного выхода принимаем по наименьшей критической продолжительности пожара – по потере видимости:

$$\tau_{ол} = \min \{ t_{kp}^{П.В} \} = 3,06 \text{ мин.}$$

3.4.2 Определение расчетного времени эвакуации при пожаре для сценария № 1

Следует провести расчет для второго эвакуационного выхода, т.к. первый эвакуационный выход будет блокирован пожаром.

Плотность потока в гардеробе определяем по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1}, \quad (3.11)$$

где N_1 – число людей на первом участке, чел;

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м^2 , принимаемая равной 0,125;

l_1 – длина первого участка пути, м;

δ_1 – ширина первого участка пути, м.

$$D_1 = \frac{20 \cdot 0,125}{15 \cdot 3} = 0,05 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения по гардеробу определяем по формуле:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1}, \quad (3.12)$$

где l_1 – длина первого участка пути, м;

v_1 – скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, м/мин (по таблице 1 в зависимости от плотности D) [22].

$$t_1 = \frac{15}{100} = 0,15 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения в гардеробе определяем по таблице 5.1 согласно методике, $q = 5$ м/мин [22].

Интенсивность движения в дверном проеме по формуле:

$$q_2 = \frac{q_1 \cdot \delta_1}{\delta_2}, \quad (3.13)$$

где δ_1, δ_2 – ширина рассматриваемого и предшествующего ему участка пути, м;

q_1, q_2 – интенсивности движения людского потока по рассматриваемому и предшествующему участкам пути, м/мин.

$$q_2 = \frac{5 \cdot 3}{1,2} = 12,5 \text{ м / мин.}$$

Время движения в дверном проеме:

$$t_2 = \frac{0,1}{60} = 0,001 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по коридору:

$$q_3 = \frac{12,5 \cdot 1,2}{2} = 7,5 \text{ м / мин.}$$

Время движения по коридору:

$$t_3 = \frac{30}{80} = 0,4 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения перед эвакуационным выходом:

$$q_4 = \frac{7,5 \cdot 2}{1,6} = 9 \text{ м / мин.}$$

Время движения через эвакуационный выход:

$$t_4 = \frac{0,1}{80} = 0,001 \text{ мин.}$$

Время эвакуации:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 0,15 + 0,001 + 0,4 + 0,001 = 0,55 \text{ мин.}$$

Вероятность эвакуации по эвакуационным путям $P_{\text{Э.П.ij}}$ определяем по формуле:

$$P_{\text{Э.П.ij}} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot \tau_{\text{б.л.ij}} - t_{\text{P.ij}}}{\tau_{\text{H.Э}}}, & \text{если } t_{\text{P.ij}} < 0,8 \cdot \tau_{\text{б.л.ij}} < t_{\text{P.ij}} + \tau_{\text{H.Э.ij}} \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{P.ij}} + \tau_{\text{H.Э.ij}} \leq 0,8 \cdot \tau_{\text{б.л.ij}} \\ 0,001, & \text{если } t_{\text{P.ij}} \geq 0,8 \cdot \tau_{\text{б.л.ij}} \end{cases}, \quad (3.14)$$

Необходимое время эвакуации людей с первого этажа АБК:

$$t_{\text{н.б}} = 0,8 \cdot 3,06 = 2,45 \text{ мин.}$$

$$t_p = 1,05 < t_{\text{н.б}} = 2,45 \text{ мин.}$$

Расчетное время эвакуации меньше необходимого, тогда вероятность эвакуации по эвакуационным путям: $P_{\text{эп}} = 0,999$

Вероятность эвакуации определяем по формуле:

$$P_{\varepsilon ij} = 1 - (1 - P_{\varepsilon.Пij}) \cdot (1 - P_{Д.Вij}), \quad (3.15)$$

где $P_{\varepsilon.Пij}$ – вероятность эвакуации людей, находящихся в i -ом помещении здания, по эвакуационным путям при реализации j -го сценария пожара;

$P_{Д.Вij}$ – вероятность выхода из здания людей, находящихся в i -ом помещении, через аварийные или иные выходы.

$$P_{\varepsilon} = 1 - (1 - 0,999) \cdot (1 - 0) = 0,999.$$

Условную вероятность поражения человека Q_n определяем по формуле:

$$Q_{dij} = (1 - P_{\varepsilon ij}) \cdot (1 - D_{ij}), \quad (3.16)$$

где $P_{\varepsilon ij}$ – вероятность эвакуации людей, находящихся в i -ом помещении здания, при реализации j -го сценария пожара;

D_{ij} – вероятность эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности людей в i -ом помещении при реализации j -го сценария пожара.

$$Q_n = (1 - 0,999) \cdot (1 - 0) = 1 \cdot 10^{-3}.$$

3.4.3 Определение времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара для сценария № 2

В железнодорожном цехе в АБК на втором этаже произошел пожар в кабинете начальника цеха, площадью 20 м^2 в результате замыкания электропроводки. На этаже находится 14 человек. Второй этаж имеет два эвакуационных выхода. Характеристики свойств горючих нагрузок для административных зданий, взятые из литературных источников следующие: Теплота сгорания $Q = 14 \text{ МДж/кг}$; линейная скорость распространения пламени: $0,005 \text{ м/с}$; дымообразующая способность $D = 47 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$; удельный выход углекислого газа $L = 1,478 \text{ кг/кг}$; удельный выход угарного газа $L = 0,030 \text{ кг/кг}$; удельный выход хлороводорода $L = 0,006 \text{ кг/кг}$; удельное потребление кислорода $L = 1,369 \text{ кг/кг}$; удельная массовая скорость выгорания $\Psi_{\text{уд}} = 0,014 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ [39–40].

Определяем геометрические характеристики помещения.

Высоту рабочей зоны по формуле (3.2):

$$h = 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,7 \text{ м.}$$

Свободный объем помещения по формуле (3.3):

$$V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 391 = 782 \text{ м}^3.$$

Параметр А для распространения пламени по поверхности материала по формуле (3.4):

$$A = 1,05 \cdot 0,014 \cdot 0,005 = 3,675 \cdot 10^{-3}.$$

Размерный комплекс В, который зависит от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения по формуле (3.5):

$$B = \frac{353 \cdot 1010 \cdot 782}{(1 - 0,01) \cdot 0,7 \cdot 14000} = 2,874 \cdot 10^4.$$

Параметр Z учитывает неравномерность распределения опасного фактора пожара по высоте помещения по формуле (3.6):

$$Z = \frac{1,7}{2,5} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{2,5}\right) = 1,762.$$

Критическую продолжительность пожара по повышенной температуре по формуле (3.7):

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 20}{(273 + 20) \cdot 1,762} \right] \right\}^{1/2} = 141,709 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по потере видимости по формуле (3.8):

$$t_{кр}^{n.в.} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20_{np} \cdot 2,874 \cdot 10^4 \cdot 48 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 3,88 \text{ мин.};$$

Критическую продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода по формуле (3.9):

$$t_{kp}^{O_2} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{0,044}{\left(\frac{2,874 \cdot 10^4 \cdot 1,369}{782} + 0,27 \right) \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 10,358 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по выделению угарного газа по формуле (3.10):

$$t_{kp}^{CO} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{2,874 \cdot 10^4 \cdot 0,03 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 11,391 \text{ мин.};$$

Критическую продолжительность пожара по выделению углекислого газа по формуле (3.10):

$$t_{kp}^{CO_2} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot 0,11}{2,874 \cdot 10^4 \cdot 1,478 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 15,806 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по выделению хлороводорода по формуле (3.10):

$$t_{kp}^{HCL} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{2,874 \cdot 10^4 \cdot 0,006 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 7,226 \text{ мин.}$$

Время блокирования эвакуационного выхода принимаем по наименьшей критической продолжительности пожара по потери видимости:

$$\tau_{\text{бл}} = \min \{ t_{KP}^{П.В} \} = 3,88 \text{ мин.}$$

3.4.4 Определение расчетного времени эвакуации при пожаре для сценария № 2

Следует провести расчет для второго эвакуационного выхода, т.к. первый эвакуационный выход будет блокирован пожаром.

1) Плотность людского потока в кабинете начальника цеха по формуле (3.11):

$$D_1 = \frac{1 \cdot 0,125}{5 \cdot 4} = 0,01 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения начальника цеха по участку кабинета по формуле (3.12):

$$t_1 = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения начальника цеха в коридоре определяем по таблице 5.1 согласно методике, $q = 1 \text{ м/мин}$ [22].

Интенсивность движения начальника цеха по коридору по формуле (3.13):

$$q_2 = \frac{1 \cdot 4}{2} = 2 \text{ м / мин.}$$

Определяем время движения начальника цеха по коридору:

$$t_2 = \frac{26}{100} = 0,26 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей в кабинете начальника цеха по формуле:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,26 = 0,31 \text{ мин.}$$

2) Определяем плотность потока людей в приемной:

$$D_1 = \frac{4 \cdot 0,125}{5 \cdot 5} = 0,02 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения людей в приемной:

$$t_1 = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения в коридоре:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 5}{2} = 2,5 \text{ м / мин.}$$

Время движения по коридору:

$$t_2 = \frac{21}{100} = 0,21 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей в приемной:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,06 + 0,21 = 0,27 \text{ мин.}$$

3) Плотность потока в кабинете заместителя начальника цеха:

$$D_1 = \frac{1 \cdot 0,125}{5 \cdot 4} = 0,006 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения в кабинете по формуле:

$$t_1 = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения в коридоре:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 4}{2} = 2 \text{ м / мин.}$$

Время движения потока по коридору:

$$t_2 = \frac{17}{100} = 0,17 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей в кабинете заместителя начальника цеха:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,17 = 0,27 \text{ мин.}$$

4) Плотность потока в кабинете начальника депо:

$$D_1 = \frac{4 \cdot 0,125}{5 \cdot 5} = 0,02 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения по кабинету:

$$t_1 = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по коридору:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 5}{2} = 2,5 \text{ м / мин.}$$

Время движения по коридору:

$$t_2 = \frac{12}{100} = 0,12 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей для кабинета начальника депо:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,12 = 0,17 \text{ мин.}$$

5) Плотность потока в табельной:

$$D_1 = \frac{4 \cdot 0,125}{5 \cdot 5} = 0,02 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения по кабинету:

$$t_1 = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по коридору:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 5}{2} = 2,5 \text{ м / мин.}$$

Время движения по коридору:

$$t_2 = \frac{7}{100} = 0,07 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей в табельной:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,07 = 0,12 \text{ мин.}$$

В результате слияния людских потоков в коридоре определяем интенсивность перед эвакуационным выходом по формуле:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (3.17)$$

где q_{i-1} – интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале участка i , м/мин;

δ_{i-1} – ширина участков пути слияния, м;

δ_i – ширина рассматриваемого участка пути, м.

$$q_3 = \frac{11,5 \cdot 2}{1,6} = 14,1 \text{ м / мин.}$$

Расчетное время эвакуации при скоплении потоков:

$$t_p = \frac{30}{50} = 1 \text{ мин.}$$

Необходимое время эвакуации людей со второго этажа АБК:

$$t_{н.б} = 0,8 \cdot 3,88 = 3,10 \text{ мин.}$$

$$t_p = 1,5 < t_{н.б} = 3,10 \text{ мин.}$$

Расчетное время эвакуации меньше необходимого, тогда вероятность эвакуации по эвакуационным путям: $P_{эп} = 0,999$

Вероятность эвакуации по формуле (3.15):

$$P_{\circ} = 1 - (1 - 0,999) \cdot (1 - 0) = 0,999.$$

Условную вероятность поражения человека Q_n по формуле (3.16):

$$Q_n = (1 - 0,999) \cdot (1 - 0) = 1 \cdot 10^{-3}.$$

3.4.5 Определение времени блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара для сценария № 3

В железнодорожном цехе в АБК на третьем этаже произошел пожар в кабинете коммерческого бюро, площадью 25 м^2 . На этаже находится 16 человек. Третий этаж имеет два эвакуационных выхода.

Определяем геометрические характеристики помещения.

Высоту рабочей зоны по формуле (3.2):

$$h = 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,7 \text{ м}.$$

Свободный объем помещения по формуле (3.3):

$$V = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 391 = 782 \text{ м}^3.$$

Параметр A для распространения пламени по поверхности материала по формуле (3.4):

$$A = 1,05 \cdot 0,014 \cdot 0,005 = 3,675 \cdot 10^{-3}.$$

Размерный комплекс B , который зависит от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения по формуле (3.5):

$$B = \frac{353 \cdot 1010 \cdot 782}{(1 - 0,01) \cdot 0,7 \cdot 14000} = 2,874 \cdot 10^4.$$

Параметр Z учитывает неравномерность распределения опасного фактора пожара по высоте помещения по формуле (3.6):

$$Z = \frac{1,7}{2,5} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{2,5}\right) = 1,762.$$

Критическую продолжительность пожара по повышенной температуре по формуле (3.7):

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 20}{(273 + 20) \cdot 1,762} \right] \right\}^{1/2} = 141,709 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по потере видимости по формуле (3.8):

$$t_{кр}^{н.в.} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20_{np} \cdot 2,874 \cdot 10^4 \cdot 48 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 3,88 \text{ мин.};$$

Критическую продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода по формуле (3.9):

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{0,044}{\left(\frac{2,874 \cdot 10^4 \cdot 1,369}{782} + 0,27 \right) \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 10,358 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по выделению угарного газа по формуле (3.10):

$$t_{кр}^{co} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{2,874 \cdot 10^4 \cdot 0,03 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 11,391 \text{ мин.};$$

Критическую продолжительность пожара по выделению углекислого газа:

$$t_{кр}^{co_2} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot 0,11}{2,874 \cdot 10^4 \cdot 1,478 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 15,806 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по выделению хлороводорода:

$$t_{кр}^{HCL} = \left\{ \frac{2,874 \cdot 10^4}{3,675 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{782 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{2,874 \cdot 10^4 \cdot 0,006 \cdot 1,762} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 7,226 \text{ мин.}$$

Время блокирования эвакуационного выхода принимаем по наименьшей критической продолжительности пожара по потере видимости:

$$\tau_{ол} = \min \{ t_{кр}^{П.В} \} = 3,88 \text{ мин.}$$

3.4.6 Определение расчетного времени эвакуации при пожаре для сценария № 3

Следует провести расчет для второго эвакуационного выхода, т.к. первый эвакуационный выход будет блокирован пожаром.

1) Плотность потока в кабинете коммерческого бюро по формуле (3.11):

$$D_1 = \frac{4 \cdot 0,125}{5 \cdot 5} = 0,02 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения по кабинету по формуле (3.12):

$$t_1 = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения в кабинете определяем по таблице 5.1 согласно методике, $q = 1 \text{ м/мин.}$

Интенсивность движения по коридору по формуле (3.13):

$$q_2 = \frac{1 \cdot 5}{2} = 2,5 \text{ м / мин.}$$

Время движения по коридору:

$$t_2 = \frac{25}{100} = 0,25 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей в коммерческом бюро:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,25 = 0,30 \text{ мин.}$$

2) Плотность потока в бухгалтерии:

$$D_1 = \frac{4 \cdot 0,125}{5 \cdot 4} = 0,02 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения в бухгалтерии:

$$t_1 = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по коридору:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 4}{2} = 2 \text{ м / мин.}$$

Время движения по коридору:

$$t_2 = \frac{15}{100} = 0,15 \text{ мин.}$$

Время эвакуации:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,15 = 0,2 \text{ мин.}$$

3) Плотность потока в кабинете бюро труда и заработной платы:

$$D_1 = \frac{4 \cdot 0,125}{5 \cdot 4} = 0,02 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения по кабинету:

$$t_1 = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по коридору:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 4}{2} = 2 \text{ м / мин.}$$

Время движения по коридору:

$$t_2 = \frac{10}{100} = 0,1 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей для кабинета бюро труда и заработной платы:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ мин.}$$

Плотность потока в техническом бюро:

$$4) D_1 = \frac{4 \cdot 0,125}{5 \cdot 5} = 0,02 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения по кабинету:

$$t_1 = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по коридору:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 5}{2} = 2,5 \text{ м / мин.}$$

Время движения по коридору:

$$t_2 = \frac{2,5}{100} = 0,025 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей для кабинета технического бюро:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,025 = 0,075 \text{ мин.}$$

В результате слияния людских потоков в коридоре перед эвакуационным выходом интенсивность определяем по формуле (3.17):

$$q_3 = \frac{9 \cdot 2}{1,6} = 11,25 \text{ м / мин.}$$

Расчетное время эвакуации при скоплении потоков:

$$t_p = \frac{30}{60} = 0,5 \text{ мин.}$$

Необходимое время эвакуации людей с третьего этажа АБК:

$$t_{н.б} = 0,8 \cdot t_{бл} = 0,8 \cdot 3,88 = 3,10 \text{ мин.}$$

$$t_p = 1,5 < t_{н.б} = 3,10 \text{ мин.}$$

Расчетное время эвакуации меньше необходимого, тогда вероятность эвакуации по эвакуационным путям: $P_{эп} = 0,999$

Вероятность эвакуации по формуле (3.15):

$$P_э = 1 - (1 - 0,999) \cdot (1 - 0) = 0,999.$$

Условную вероятность поражения человека Q_n по формуле (3.16):

$$Q_n = (1 - 0,999) \cdot (1 - 0) = 1 \cdot 10^{-3}.$$

3.4.7 Определение времени блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара для сценария № 4

В железнодорожном депо площадью 1992 м² произошел разлив и загорание дизельного топлива из бака тепловоза объемом 6200 л. В депо работают 20 человек. Депо имеет один эвакуационный выход. Характеристики свойств горения дизельного топлива, взятые из литературных источников следующие: Теплота сгорания $Q = 42$ МДж/кг; дымообразующая способность $D = 620 \text{ Н}_\Pi \cdot \text{м}^2/\text{кг}$; линейная скорость распространения пламени: 0,4 м/с; удельный выход углекислого газа $L = 3,16$ кг/кг; удельный выход угарного газа

$L = 0,122$ кг/кг; удельное потребление кислорода $L = 3,37$ кг/кг; удельная массовая скорость выгорания $\Psi_{уд} = 0,043$ кг/(м²·с) [39].

Определяем геометрические характеристики помещения.

Высоту рабочей зоны по формуле (3.2):

$$h = 1,7.$$

Свободный объем помещения по формуле (3.3):

$$V = 0,8 \cdot 8 \cdot 1992 = 1,275 \cdot 10^4 \text{ м}^3.$$

Параметр A для распространения пламени по поверхности материала по формуле (3.4):

$$A = 1,05 \cdot 43 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 7,224 \cdot 10^{-5}.$$

Размерный комплекс B , который зависит от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения по формуле (3.5):

$$B = \frac{353 \cdot C_P \cdot V}{(1 - \phi) \cdot \eta \cdot Q} = \frac{353 \cdot 1010 \cdot 1,275 \cdot 10^4}{(1 - 0,01) \cdot 0,7 \cdot 42000} = 1,562 \cdot 10^5.$$

Параметр Z учитывает неравномерность распределения опасного фактора пожара по высоте помещения по формуле (3.6):

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{8} \cdot \exp\left(1,4 \frac{1,7}{8}\right) = 0,286.$$

Критическую продолжительность пожара по повышенной температуре по формуле (3.7):

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_o}{(273 + t_o) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{1,5 \cdot 10^{-5}}{7,224 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 20}{(273 + 20) \cdot 0,286} \right] \right\}^{1/2} = 529,981 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по потере видимости по формуле (3.8):

$$t_{кр}^{n.в.} = \left\{ \frac{1,562 \cdot 10^{-5}}{7,224 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{1,275 \cdot 10^4 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 1,526 \cdot 10^{-5} \cdot 620 \cdot 0,286} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 6,20 \text{ мин.};$$

Критическую продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода по формуле (3.9):

$$t_{kp}^{O_2} = \left\{ \frac{1,526 \cdot 10^{-5}}{7,224 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{0,044}{\left(\frac{1,526 \cdot 10^{-5} \cdot 3,37}{1,275 \cdot 10^4} + 0,27 \right) \cdot 0,286} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 47,186 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по выделению угарного газа по формуле (3.10):

$$t_{kp}^{CO} = \left\{ \frac{1,526 \cdot 10^{-5}}{7,224 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{1,275 \cdot 10^4 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{1,562 \cdot 10^{-5} \cdot 0,122 \cdot 0,286} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 40,388 \text{ мин.}$$

Критическую продолжительность пожара по выделению углекислого газа по формуле (3.10):

$$t_{kp}^{CO_2} = \left\{ \frac{1,562 \cdot 10^{-5}}{7,224 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{1,275 \cdot 10^4 \cdot 0,11}{1,562 \cdot 10^{-5} \cdot 13,16 \cdot 0,286} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/2} = 37,856 \text{ мин.}$$

Время блокирования эвакуационного выхода принимаем по наименьшей критической продолжительности пожара по потери видимости:

$$\tau_{ол} = \min \{ t_{KP}^{П.В} \} = 6,20 \text{ мин.}$$

3.4.8 Определение расчетного времени эвакуации при пожаре для сценария № 4

Плотность людского потока на токарном участке по формуле (3.2):

$$1) D_1 = \frac{9 \cdot 0,125}{15 \cdot 20} = 0,003 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения по токарному участку по формуле (3.3):

$$t_1 = \frac{15}{100} = 0,15 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по токарному участку определяем по таблице 5.1 согласно методике, $q = 1 \text{ м/мин}$ [22].

Интенсивность движения по коридору по формуле (3.4):

$$q_2 = \frac{1 \cdot 20}{5} = 4 \text{ м / мин.}$$

Время движения по участку депо:

$$t_2 = \frac{40}{100} = 0,4 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей для токарного участка:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,15 + 0,4 = 0,55 \text{ мин.}$$

2) Плотность потока на участке дежурного по депо:

$$D_1 = \frac{1 \cdot 0,125}{12 \cdot 4} = 0,002 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения на участке:

$$t_1 = \frac{12}{100} = 0,12 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по участку депо:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 4}{5} = 0,8 \text{ м / мин.}$$

Время движения по участку депо:

$$t_2 = \frac{25}{100} = 0,25 \text{ мин.}$$

Время эвакуации для дежурного по депо:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,12 + 0,25 = 0,37 \text{ мин.}$$

3) Плотность потока на участке энергетика:

$$D_1 = \frac{1 \cdot 0,125}{12 \cdot 4} = 0,002 \text{ м}^2 / \text{м}^2$$

Время движения на участке:

$$t_1 = \frac{12}{100} = 0,12 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения на участке энергетика:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 4}{5} = 0,8 \text{ м / мин.}$$

Время движения на участке:

$$t_2 = \frac{15}{100} = 0,15 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей для участка энергетика:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,12 + 0,15 = 0,27 \text{ мин.}$$

Плотность потока в сварочном участке:

$$4) D_1 = \frac{4 \cdot 0,125}{12 \cdot 10} = 0,02 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения в сварочном участке:

$$t_1 = \frac{12}{100} = 0,12 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по участку:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 10}{10} = 1 \text{ м / мин.}$$

Время движения по участку депо:

$$t_2 = \frac{6,5}{100} = 0,065 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей для сварочного участка:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,12 + 0,065 = 0,185 \text{ мин.}$$

5) Плотность потока в кузнице:

$$D_1 = \frac{2 \cdot 0,125}{6 \cdot 8} = 0,005 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения в кузнице:

$$t_1 = \frac{6}{100} = 0,06 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения в кузнице:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 8}{3} = 2,6 \text{ м / мин.}$$

Время движения по участку депо:

$$t_2 = \frac{52}{100} = 0,52 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей для участка кузницы:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,06 + 0,52 = 0,58 \text{ мин.}$$

6) Плотность потока в слесарном участке:

$$D_1 = \frac{2 \cdot 0,125}{6 \cdot 10} = 0,004 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения по слесарному участку:

$$t_1 = \frac{6}{100} = 0,06 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения по участку:

$$q_2 = \frac{1 \cdot 10}{3} = 3,3 \text{ м / мин.}$$

Время движения по участку депо:

$$t_2 = \frac{42}{100} = 0,42 \text{ мин.}$$

Время эвакуации людей для слесарного участка:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,06 + 0,42 = 0,48 \text{ мин.}$$

7) Плотность потока машиниста тепловоза:

$$D_1 = \frac{1 \cdot 0,125}{42 \cdot 4} = 0,0007 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Время движения по участку депо:

$$t_1 = \frac{42}{100} = 0,42 \text{ мин.}$$

Время эвакуации для машиниста тепловоза:

$$t_p = t_1 = 0,42 \text{ мин.}$$

В результате слияния групп людских потоков интенсивность перед эвакуационным выходом по формуле (3.17):

$$q_3 = \frac{13,5 \cdot 2}{1,6} = 11,25 \text{ м / мин.}$$

Расчетное время эвакуации при скоплении потоков:

$$t_p = \frac{30}{60} = 0,5 \text{ мин.}$$

Необходимое время эвакуации людей из помещения:

$$t_{н.б} = 0,8 \cdot 3,06 = 2,45 \text{ мин.}$$

$$t_p = 1,05 < t_{н.б} = 2,45 \text{ мин.}$$

Расчетное время эвакуации меньше необходимого, тогда вероятность эвакуации по эвакуационным путям: $P_{эп} = 0,999$

Вероятность эвакуации по формуле (3.15):

$$P_s = 1 - (1 - 0,999) \cdot (1 - 0) = 0,999.$$

Условную вероятность поражения человека Q_n по формуле (3.16):

$$Q_n = (1 - 0,999) \cdot (1 - 0) = 1 \cdot 10^{-3}$$

3.5 Расчет величин потенциального и индивидуального риска в зданиях объекта

Величина потенциального риска P_i (год⁻¹) определяется по формуле:

$$P_i = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_n, \quad (3.18)$$

где J – число сценариев возникновения пожара в здании;

Q_j – частота реализации в течение года j -го сценария пожара, год⁻¹;

Q_n – условная вероятность поражения человека при его нахождении в i -ом помещении при реализации j -го сценария пожара.

Величина индивидуального риска R_m (год⁻¹) для работника m при его нахождении в здании объекта определяется по формуле:

$$R_m = \sum_{i=1}^N P_i \cdot q_{im}, \quad (3.19)$$

где P_i – величина потенциального риска в i -ом помещении здания, год⁻¹;

q_{im} – вероятность присутствия работника m в i -ом помещении;

N – число помещений в здании, сооружении и строении.

Для определения относительной доли времени пребывания работника в течение года в помещении необходимы следующие данные:

Количество рабочих смен – 1;

Количество часов в году – 8760 часов;

Количество рабочих дней в году – 269;

Продолжительность рабочей смены – 8 часов.

$$\text{Тогда, } q_m = \frac{269 \cdot 8}{8760} = 0,245.$$

По формуле (3.18) определяем величину потенциального риска для работающего персонала АБК на первом, втором и третьем этаже:

$$P_1 = 4,692 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 4,692 \cdot 10^{-6}.$$

По формуле (3.18) определяем величину потенциального риска для работающего персонала в депо:

$$P_2 = 0,012 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,2 \cdot 10^{-5}.$$

По формуле (3.19) определяем величину индивидуального риска в АБК на первом, втором и третьем этаже:

$$R_m = 4,692 \cdot 10^{-6} \cdot 0,245 = 1,15 \cdot 10^{-6}.$$

По формуле (3.19) определяем величину индивидуального риска для работающего персонала в депо:

$$R_m = (1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,245) + (4,692 \cdot 10^{-6} \cdot 0,015) = 3,01 \cdot 10^{-6}.$$

Индивидуальный пожарный риск не должен превышать одной миллионной в год. Для снижения риска в качестве организационно-технического мероприятия целесообразно установить автоматическую пожарную сигнализацию [11].

Тогда, условная вероятность поражения человека Q_n по формуле (3.16):
 $Q_n = (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,8) = 2 \cdot 10^{-4}.$

По формуле (3.18) определяем величину потенциального риска для работающего персонала АБК на первом, втором и третьем этаже:

$$P_1 = 4,692 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 9,384 \cdot 10^{-7}.$$

По формуле (3.18) определяем величину потенциального риска для работающего персонала в депо:

$$P_2 = 0,012 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 2,4 \cdot 10^{-6}.$$

По формуле (3.19) определяем величину индивидуального риска в АБК на первом, втором и третьем этаже:

$$R_m = 9,384 \cdot 10^{-7} \cdot 0,245 = 2,299 \cdot 10^{-7}.$$

По формуле (3.19) определяем величину индивидуального риска для работающего персонала в депо:

$$R_m = (2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,245) + (9,384 \cdot 10^{-7} \cdot 0,015) = 6,021 \cdot 10^{-7}.$$

По результатам анализа пожарной опасности цеха № 27 было определено 4 пожароопасных помещения площадью 391 м² – здание первого, второго и третьего этажа АБК и 1992 м² – депо железнодорожного цеха.

Результаты расчетов показали, что частота реализации пожароопасных ситуаций для первого, второго, третьего этажа АБК составляет $4,692 \cdot 10^{-3}$, для депо – 0,012.

Время эвакуации людей из помещений АБК и депо находится в диапазоне от 1 минуты до 1,05 минут. Время эвакуации людей с этажей здания АБК составляет: для первого этажа – 1,05 минуты, для второго и третьего этажа – 1 минута, для помещения депо – 1,05 минуты.

Индивидуальный пожарный риск для первого, второго и третьего этажей здания АБК составил – $1,15 \cdot 10^{-6}$, для депо железнодорожного цеха – $3,01 \cdot 10^{-6}$, что превышает допустимое значение.

Железнодорожный цех № 27 «ООО Юргинский машиностроительный завод» расположен в одноэтажном здании на общей площади – 1992 м². В депо железнодорожного цеха на участке производственной линии в результате разлива дизельного топлива из бака тепловоза и нарушение техники безопасности работающего персонала произошел пожар. Огонь распространяется по оборудованию, бытовым отходам, в результате создается угроза распространения огня и дыма по всему объему производственного помещения.

В данной главе представлены расчеты прямого и косвенного ущерба от последствий пожара в железнодорожном цехе и расчет необходимых затрат на его тушение.

В целом ущерб, его называют полным ущербом, который представлен в виде двух составляющих – прямого и косвенного ущерба, находится по формуле:

$$Y = Y_{\text{пр}} + Y_{\text{к}}, \quad (4.1)$$

где Y – полный ущерб, руб.;

$Y_{\text{пр}}$ – прямой ущерб, руб.;

$Y_{\text{к}}$ – косвенный ущерб, руб.

$$Y = 328212,4 + 2651387,3 = 2979599,7 \text{ руб.}$$

4.1. Оценка прямого ущерба

Оценка прямого ущерба представляет собой сумму ущерба, который наносится основным производственным фондам (ОПФ) и оборотным средствам (ОС).

$$Y_{\text{пр}} = C_{\text{опф}} + C_{\text{ос}}, \quad (4.2)$$

где $C_{\text{опф}}$ – ущерб основным производственным фондам, руб.;

$C_{\text{ос}}$ – ущерб оборотным средствам, руб.

$$Y_{\text{пр}} = 328212,4 \text{ руб.}$$

Основные фонды производственных предприятий – это совокупная стоимость материально-вещественных ценностей производственного и непроизводственного назначения, необходимых для выполнения учреждения своих функций, в нашем случае это технологическое оборудование, коммунально-энергетические сети и производственное помещение, где произошел пожар.

4.1.1 Ущерб основных производственных фондов

Ущерб основных производственных фондов находим по формуле:

$$C_{\text{опф}} = C_{\text{то}} + C_{\text{кэс}} + C_3, \quad (4.3)$$

где $C_{\text{то}}$ – ущерб, нанесенный оборудованию, руб.;

$C_{\text{кэс}}$ – ущерб, нанесенный коммунально-энергетическим сетям, руб.;

C_3 – ущерб, нанесенный зданию, руб.

$$C_{\text{опф}} = 1200000 + 356,4 + 149850 = 13502006,4 \text{ руб.}$$

Ущерб, нанесенный оборудованию, находим по формуле:

$$C_{\text{то}} = \Sigma G_{\text{то}} \cdot C_{\text{то}}, \quad (4.4)$$

где $G_{\text{то}}$ – относительная величина ущерба оборудованию, руб.;

$C_{\text{то}}$ – стоимость оборудования, руб.

$$C_{\text{то}} = 0,03 \cdot 400000 = 1200000 \text{ руб.}$$

При пожарах относительная величина ущерба определяется как отношение площади пожара к общей площади помещения объекта, т. е.:

$$G_{\text{то}} = \frac{F_{\text{п}}}{F_{\text{о}}}, \quad (4.5)$$

где F_{Π} – площадь пожара, определяемая в соответствии рекомендациями [41], м^2 , $F_{\Pi} = 63,6 \text{ м}^2$;

F_O – площадь объекта, м^2 ;

$$G_{\text{ТО}} = \frac{63,6}{1992} = 0,03 \text{ м}^2.$$

Остаточная стоимость технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ТО.ост.}} = n_{\text{ТО}} \cdot C_{\text{ТО.б.}} \left(1 - \frac{H_{\text{а.ТО}} \cdot T_{\text{ТО.ф.}}}{100} \right), \quad (4.6)$$

где $C_{\text{ТО.ост.}}$ – остаточная стоимость оборудования, руб.;

$n_{\text{ТО}}$ – количество оборудования, ед.;

$C_{\text{ТО.б.}}$ – балансовая стоимость оборудования, руб.;

$H_{\text{а.ТО}}$ – норма амортизации оборудования, %;

$T_{\text{ТО.ф.}}$ – фактический срок эксплуатации оборудования, год.

$$C_{\text{ТО.ост.}} = 1 \cdot 4000000 \cdot \left(1 - \frac{0,05 \cdot 20}{100} \right) = 3960000 \text{ руб.}$$

Норму амортизации оборудования рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{а.ТО}} = \frac{1}{T_{\text{ТО.ф}}} \cdot 100, \quad (4.7)$$

$$H_{\text{а.ТО}} = \frac{1}{20} \cdot 100 = 5 \text{ \%}.$$

Ущерб, нанесенный коммунально-энергетическим сетям (КЭС) находим по формуле:

$$C_{\text{КЭС}} = \sum G_{\text{КЭС}} \cdot C_{\text{КЭС.ост.}}, \quad (4.8)$$

где $G_{\text{КЭС}}$ – относительная величина ущерба, нанесенная коммунально-энергетическим сетям;

$C_{\text{КЭС.ост.}}$ – остаточная стоимость коммунально-энергетических сетей, руб.

$$C_{\text{КЭС}} = 11880 \cdot 0,03 = 356,4 \text{ руб.}$$

При пожарах относительная величина ущерба определяется как отношение площади пожара к общей площади помещения объекта, т. е.

$$G_{\text{КЭС}} = \frac{F_{\Pi}}{F_O}, \quad (4.9)$$

где F_n – площадь пожара, определяемая в соответствии с рекомендациями,
 $F_n = 63,6 \text{ м}^2$;

F_0 – площадь объекта, м^2 ;

$$G_{\text{кэс}} = \frac{63,6}{1992} = 0,03 \text{ м}^2.$$

Остаточная стоимость коммунально-энергетических сетей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{КЭС.ост.}} = n_{\text{щ}} \cdot C_{\text{КЭС.б.}} \cdot \left(1 - \frac{H_{\text{а.КЭС}} \cdot T_{\text{ф}}}{100}\right), \quad (4.10)$$

где $n_{\text{щ}}$ – количество электрощитов подлежащих замене, ед;

$H_{\text{а.КЭС}}$ – норма амортизации коммунально-энергетических сетей, %;

$$C_{\text{КЭС.ост.}} = 1 \cdot 12000 \cdot \left(1 - \frac{0,1 \cdot 10}{100}\right) = 11880 \text{ руб.}$$

Норма амортизации коммунально-энергетических сетей рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{а.КЭС}} = \frac{1}{T_{\text{КЭС.ф}}} \cdot 100, \quad (4.11)$$

где $T_{\text{КЭС.ф}}$ – фактический срок эксплуатации коммунально-энергетических сетей, год;

$$H_{\text{а.КЭС}} = \frac{1}{10} \cdot 100 = 10 \text{ \%}.$$

Ущерб, нанесенный участку железнодорожного цеха на объекте, находим по формуле:

$$C_3 = \sum G_3 C_{3.\text{ост.}}, \quad (4.12)$$

где G_3 – относительная величина ущерба, нанесенная участку железнодорожного цеха, руб.;

$C_{3.\text{ост.}}$ – остаточная стоимость объекта, руб.

Остаточная стоимость объекта рассчитывается по формуле:

$$C_{3.\text{ост.}} = C_{3.\text{б.}} \cdot \left(1 - \frac{H_{\text{а.з.}} \cdot T_{3.\text{ф}}}{100}\right), \quad (4.13)$$

где $C_{3.\text{б.}}$ – балансовая стоимость железнодорожного цеха, руб., $C_{3.\text{б.}} = 5000000 \text{ руб.}$;

$H_{\text{а.з.}}$ – норма амортизации стоимости здания, %;

$T_{з.ф}$ – фактический срок эксплуатации здания, год.

$$C_{з.ост} = 5000000 \cdot \left(1 - \frac{0,03 \cdot 30}{100}\right) = 4995000 \text{ руб.}$$

Норму амортизации стоимости здания находим по формуле:

$$H_{a.з} = \frac{1}{T_{з.осм.}} \cdot 100, \quad (4.14)$$

$$H_{a.з} = \frac{1}{30} \cdot 100 = 3 \, \%.$$

Величину ущерба, нанесенного пожаром объекту, находим по формуле:

$$C_{з.} = C_{з.осм.} \cdot G_{з.}, \quad (4.15)$$

где $G_{з.}$ – относительная величина ущерба, причиненного железнодорожному объекту;

$$C_{з.} = 4995000 \cdot 0,03 = 149850 \text{ руб.}$$

Относительную величину ущерба, причиненного железнодорожному участку, находим по формуле:

$$G_{з.} = \frac{F_{п.}}{F_0}, \quad (4.16)$$

где $F_{п.}$ – площадь пожара;

F_0 – площадь объекта, м^2 .

$$G_{з.} = \frac{63,6}{1992} = 0,03 \text{ м}^2.$$

4.2 Оценка косвенного ущерба

Оценка косвенного ущерба представляет собой сумму средств необходимых для ликвидации пожара и затраты, связанные с восстановлением железнодорожного участка для дальнейшего его функционирования [42].

Сумму косвенного ущерба находим по формуле:

$$Y_K = C_{л.а.} + C_{в.}, \quad (4.17)$$

где $C_{л.а.}$ – средства, необходимые для ликвидации ЧС, руб.;

$C_{в.}$ – затраты, связанные с восстановлением производства, руб.

$$Y_K = 2635567,3 + 2870 + 12950 = 2651387,3 \text{ руб.}$$

Основными видами работ, выполняемыми при ликвидации ЧС и определяющими затраты – является тушение пожара.

4.2.1 Средства на ликвидацию пожара

Средства на ликвидацию аварии (пожара) определяем по формуле:

$$C_{л.а} = C_{о.с} + C_{и.о} + C_m, \quad (4.18)$$

где $C_{о.с}$ – расход на огнетушащие средства, руб.;

C_m – расходы на топливо (горюче-смазочные материалы) для пожарной техники, руб.;

$C_{и.о}$ – расходы связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования, руб.

$$C_{л.а} = 1041768 + 228920 + 2780,5 = 1273468,5 \text{ руб.}$$

Расход на огнетушащие средства находим по формуле:

$$C_{о.с} = S_m \times L_{mp} \times \Pi_{о.с.} \times t \quad (4.19)$$

где t – время тушения пожара, 40 мин. = 2400 сек;

$\Pi_{о.с.}$ – цена огнетушащего средства – вода, 45,5 руб./л;

L_{mp} – интенсивность подачи огнетушащего средства (табличная величина принимается исходя из характеристики горючего материала), 0,15 л/(с×м²);

S_m – площадь тушения, 63,6 м².

$$C_{о.с} = 63,6 \cdot 0,15 \cdot 45,5 \cdot 2400 = 1041768 \text{ руб.}$$

Площадь тушения пожара определяем по формуле:

$$S_m = 3,14 \times \frac{R^2}{4}, \quad (4.20)$$

где R_p – путь пройденный фронтом пламени за время свободного развития пожара (более 10 мин.), следовательно

$$S_m = 3,14 \times \frac{6^2}{4} = 63,6 \text{ м}^2.$$

Время свободного развития пожара определяем по формуле:

$$T_{св} = T_{д.с} + T_{сб1} + T_{сл} + T_{бр1}, \quad (4.21)$$

где $T_{св}$ – время свободного развития пожара определяем по формуле:

$T_{д.с}$ – время сообщения диспетчеру о пожаре (для объектов оборудованных автоматической установкой пожарной сигнализации (АУПС) принимается равным 3 мин.);

$T_{сл}$ – время, сбора личного состава, 1 мин.;

$T_{сб1}$ – время следования первого подразделения от пожарной части (ПЧ) до места вызова, берется из расписания выездов пожарных подразделений, 3 мин.;

$T_{бр1}$ – время, затраченное на проведение боевого развертывания (в пределах 5 минут);

$$T_{св} = 3 + 1 + 3 + 4 = 11 \text{ мин.},$$

Время сбора личного состава определяем по формуле:

$$T_{сл} = \frac{60 \times L}{V_{сл}}, \quad (4.22)$$

где L – длина пути следования подразделения от пожарного депо до места пожара, км;

$V_{сл.}$ – средняя скорость движения пожарных автомобилей, 45 км/ч;

$$T_{сл} = \frac{60 \cdot 2}{40} = 3 \text{ мин.}$$

Количество пожарных, участвующих в тушении пожара определяем по формуле:

$$n = n_{э} \times n_{ПМ}, \quad (4.23)$$

где n – число пожарных, участвующих в тушении пожара, чел.;

$n_{э}$ – численность экипажа пожарной машины, чел;

где $n_{ПМ}$ – количество пожарных машин, необходимых для тушения пожаров, ед.;

$$n_{э} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ чел.}$$

Расходы связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования определяем по формуле:

$$C_{u.o.} = (K_{an} \times C_{об.} \times N_{an}) + (K_{cp} \times C_{об.} \times N_{cp}) + (K_{np} \times C_{об.} \times N_{np}), \quad (4.24)$$

где $N_{АП.}$ – число единиц пожарного автомобиля, 2 ед.

N_{CP} – число единиц ручных стволов, 4 шт.;

$N_{ПР}$ – число единиц пожарных рукавов, 4 шт.;

$C_{об.}$ – стоимость единицы оборудования, руб./шт.;

$K_{АП}$ – норма амортизации пожарного автомобиля;

K_{CP} – норма амортизации ручного ствола;

$K_{ПР}$ – норма амортизации пожарных рукавов.

$$C_{u.o.} = (0,03 \cdot 3800000 \cdot 2) + (0,05 \cdot 2000 \cdot 2) + (0,09 \cdot 2000 \cdot 4) = 228920 \text{ руб.}$$

Расходы на топливо (горюче-смазочные материалы) для пожарной техники находим по формуле:

$$C_m = P_m \times C_m \times L, \quad (4.25)$$

где C_m – цена за литр топлива, 33,5 руб./л;

P_m – расход топлива, 0,0415 л/мин;

L – весь путь, 2000 м.

$$C_m = 0,0415 \cdot 33,54 \cdot 2000 = 2780,5 \text{ руб.}$$

4.3 Затраты, связанные с восстановлением железнодорожного цеха № 27

Так как при пожаре пострадает электрощит в количестве 1 шт, а также 28 м.п. электропровода подлежит замене, следовательно:

Затраты, связанные с монтажом электропроводки находим по формуле:

$$C_{В/Э} = (C_э \cdot V_э) + (V_э \cdot R_э), \quad (4.26)$$

где $C_э$ – стоимость электропроводки, 57,50 руб./м. п.;

$R_э$ – расценка за выполнение работ по замене электропроводки 45 руб./м.п.;

$V_{\text{э}}$ – объем работ необходимый по замене электропроводки, 18 м.п.;

$$C_{\text{в/э}} = (57,50 \cdot 28) + (28 \cdot 45) = 2870 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с монтажом электрощитов находим по формуле:

$$C_{\text{в/щ}} = (C_{\text{щ}} \cdot V_{\text{щ}}) + (V_{\text{щ}} \cdot R_{\text{щ}}), \quad (4.27)$$

где $C_{\text{щ}}$ – стоимость одного электрощита, 12000 руб./шт.

$R_{\text{щ}}$ – расценка за выполнение работ по замене электропроводки 45 руб./м.п.;

$V_{\text{щ}}$ – количество электрощитов подлежащих замене, 1 шт.

$$C_{\text{в/щ}} = (12000 \cdot 1) + (1 \cdot 950) = 12950 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по разделу представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Основные расчеты по разделу

Наименование	Стоимость, руб.
Полный ущерб	2979599,7
Оценка прямого ущерба	328212,4
Ущерб основных производственных фондов	13502006,4
Ущерб, нанесенный технологическому оборудованию	1200000
Ущерб, нанесенный коммунально-энергетическим сетям	356,4
Ущерб, нанесенный производственному помещению	149850
Оценка косвенного ущерба	2651387,3
Средства, необходимые для ликвидации ЧС	1273468,5
Расход на огнетушащие средства	1041768
Расходы, связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования	228920
Расходы на топливо (ГСМ) для пожарной техники	2780,5
Расходы на восстановление электропроводки и электрощитов	15820

4.4 Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Пожар, на площади 63,6 м², который произошел в железнодорожном цехе № 27 ООО «Юргинский машзавод» в результате разлива дизельного топлива из бака тепловоза и нанес ущерб в виде поврежденного оборудования.

На восстановление производственного помещения железнодорожного цеха потребуется замена электропроводки и электрощитов. Сумма полного ущерба составила 2979599,7 руб. Сумма косвенного ущерба составила 2651387,3 руб.

На основании полученных расчетов, можно сделать вывод, что для обеспечения пожарной безопасности производственного помещения железнодорожного цеха необходимо усилить меры по пожарной безопасности, улучшить трудовую дисциплину. Необходимо добавить и заменить на новые первичные средства пожаротушения.

Так как в результате пожара создается угроза распространения огня и дыма по всему объему производственного помещения, целесообразно установить систему дымоудаления в депо железнодорожного цеха.

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места. Анализ вредных и опасных производственных факторов

Объектом исследования является рабочая зона депо цеха № 27 ООО «Юргинский машиностроительный завод». Длина цеха – 60 м, ширина – 33 м, высота помещения – 8 м. Опорные конструкции и конструкции перекрытий выполнены из металла и железобетона.

Освещение естественное (через окна) и общее равномерное искусственное.

В помещении имеется естественная вентиляция, осуществляемая при помощи форточек в верхней части цеха. Также помещение оборудовано приточно-вытяжной вентиляционной системой, работающей в непрерывном режиме. Отопление осуществляется посредством системы центрального водяного отопления, в помещениях занимаемых администрацией ООО «Юргинский машиностроительный завод». Ежедневно в цехе проводится уборка (убираются отходы производства после проведенных работ, протирается технологическое оборудование, очищаются пылеуловители в системе вентиляции).

5.2 Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды

5.2.1 Освещение цеха

Неудовлетворительное освещение служит причиной травматизма, отрицательно влияет на зрение работающих и понижает производительность труда. Поэтому необходимо обеспечить хорошую освещенность железнодорожного цеха в дневное время суток.

Основные требования к производственному освещению заключаются в создании достаточного по величине и равномерного освещения, без образования резких контрастов освещенности и теней, а также в предупреждении слепимости людей лучами светильников.

В железнодорожном цехе применено естественное и искусственное освещение.

5.2.1.1 Естественное освещение

Естественное освещение производственного здания осуществляется через окна в стенах. Рациональным является комбинированное естественное освещение, обеспечивающее хорошую равномерность освещения.

5.2.1.2 Искусственное освещение

Искусственное освещение в цехе осуществляется ртутными лампами. Различают общее и комбинированное освещение. Общее освещение применяется там, где работы ведутся широким фронтом, например для освещения цехов. Местное освещение используется в качестве дополнительного при выполнении точных работ, когда требуется создать высокую освещенность на отдельных рабочих местах (в пультах управления, на станках, при работе в полостях агрегатов и т. п.). Устройство только местного освещения не допускается [43].

Таблица 5.1 – Параметры освещенности помещения

Освещенность, лк		Коэффициент пульсации, %	
фактическая	допустимая	фактическая	допустимая
90	300	0,4	0,5

Из таблицы 5.1 видно, что параметры освещенности помещения не соответствуют нормативным значениям.

Нормирование естественного и искусственного освещения осуществляется в соответствии со СНиП 23-05-95* в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Характеристика зрительных работ оценивается наименьшим или эквивалентным размером объекта различения, в нашем случае он равен от 0,5 до 1,0 мм и характеризуется работой средней точности и равен разряду 4 с подразрядом зрительной работы Б, так как контраст объекта с фоном – малый, средний, а характеристика фона – средняя, темная. При системе общего освещения с данным разрядом из СП 52.13330.2011 минимальная освещенность $E = 300$ лк. Полученная величина освещенности корректируется с учетом коэффициента запаса, так как со временем за счет загрязнения светильников и уменьшения светового потока ламп снижается общий уровень освещенности. Для люминесцентных ламп в помещении с большим выделением пыли коэффициент запаса будет составлять 2,0.

Также может изменяться естественная освещенность в связи с изменением суточной и погодной составляющих, что может оказывать воздействие на общую ситуацию с освещенностью и работоспособностью персонала.

Наиболее выгодное соотношение расстояния между светильниками и высотой подвеса светильника над рабочей поверхностью:

$$\lambda = \frac{L}{h}, \quad (5.1)$$

где L – расстояние между лампами;

h – высота подвеса лампы над рабочей поверхностью.

Высота подвеса лампы над полом равна 6 м. Величина λ для люминесцентных ламп с защитной решеткой будет составлять 1,3. Следовательно, расстояние между светильниками $L = 6 \cdot 1,3 = 7,8$ м.

Исходя из размеров помещения ($A = 60$ м, $B = 33$ м), размеров светильников типа ЛВО ($A = 0,55$ м, $B = 0,65$ м) и расстояния между ними,

определяем, что число всего светильников в ряду должно быть 5.

Для расчета общего равномерного искусственного освещения использовался метод светового потока. Световой поток Φ лампы, обеспечивающий требуемую освещенность, определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \times k \times S \times Z}{n \times \eta}, \quad (5.2)$$

где E – минимальная освещенность, лк;

S – площадь помещения, м²;

k – коэффициент запаса;

n – число ламп в помещении;

Z – коэффициент неравномерности освещения, зависящий от типа ламп;

η – коэффициент использования светового потока, который показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность (в долях единицы). Величина этого коэффициента зависит от типа светильника, коэффициента отражения стен $\rho_{\text{ст}}$ (стены: бетонные с окнами – $\rho_{\text{ст}} = 40\%$), коэффициента отражения потолка $\rho_{\text{пот}}$ (состояние потолка: побеленный – $\rho_{\text{пот}} = 60\%$) и индекса помещения i и определяется из СНиП 23-05-95.

Индекс помещения определяется из выражения:

$$i = \frac{S}{h \times (A+B)}, \quad (5.3)$$

где A и B – ширина и длина помещения, м;

S – площадь помещения, м²;

h – высота подъема лампы над рабочей поверхностью, м.

Величину коэффициента использования светового потока принимаем равной $\eta = 0,22$.

$$i = \frac{1992}{7,8 \cdot (63 + 30)} = 2,75.$$

Исходя из вычисленных параметров, получаем:

$$\Phi = \frac{1992 \cdot 300 \cdot 2 \cdot 1,5}{24 \cdot 0,22} = 339545 \text{ лм.}$$

По СНиП 23-05-95 выбираем ближайшую по мощности стандартную

лампу. При напряжении 220 В выбираем люминесцентную лампу ЛБУТ 40-2 (люминесцентная дневного цвета с улучшенной светопередачей, мощностью 40Вт) со световым потоком $\Phi = 2800$ лм.

Таким образом, система общего освещения рабочего места должна состоять из 24 светильников с количеством ламп в одном светильнике 8 шт., мощностью 40 Вт каждая, построенных в четыре ряда [43].

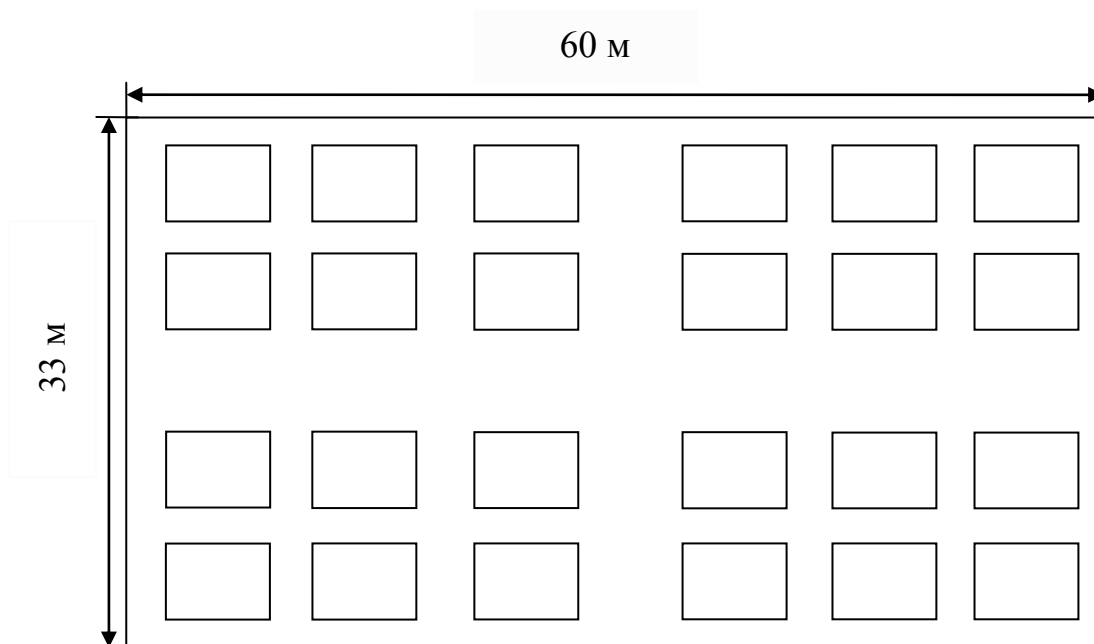


Рисунок 5.1 – Схема искусственного освещения помещения цеха

5.2.2 Микроклимат

К параметрам микроклимата производственных помещений относятся: температура воздуха в помещении, выраженная в градусах; относительная влажность воздуха в процентах; скорость его движения – в метрах в секунду. От микроклимата рабочей зоны в значительной мере зависят самочувствие и работоспособность человека. Нормирование параметров микроклимата осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» с учетом требований энергозатрат работающих, временного выполнения работы,

периодов года и содержит требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий [44].

Согласно ГОСТ 12.1.005 – 88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования» в рабочей зоне производственного помещения могут быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия [45–46].

Таблица 5.2 – Параметры микроклимата, температура

Период года	Температура воздуха, С		
	фактическая	оптимальная	допустимая
Холодный	13	21–23	19–24
Теплый	21	23–25	18–28

Таблица 5.3 – Параметры микроклимата, относительная влажность

Период года	Относительная влажность, %		
	фактическая	оптимальная	допустимая
Холодный	16	45–30	15–75
Теплый	50	60–30	65

Таблица 5.3 – Параметры микроклимата, скорость движения воздуха

Период года	Скорость движения воздуха, м/с		
	фактическая	оптимальная	допустимая
Холодный	0,06	0,1	0,15
Теплый	0,07	0,15	0,25

Из таблиц 5.2–5.3 видно, что параметры микроклимата в железнодорожном цехе не соответствуют нормативным значениям.

5.2.3 Производственный шум и меры борьбы с ним

В депо железнодорожного цеха используется разнообразное оборудование, работа которого сопровождается интенсивным шумом, значительно ухудшающим условия труда и препятствующим нормальной организации производственных процессов, а так же вызывает психические и физиологические нарушения.

Нормированные параметры шума определены ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-86 «Шум на рабочих местах, помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [47].

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые, и осуществлять это снижение

Источниками шума в помещении являются технические средства: железнодорожное крановое оборудование, сварочное оборудование, тепловозы ТЭМ-2, токарно-винторезные станки, универсально-заточные станки. Допустимый уровень шума в железнодорожном цехе не должен превышать 80 дБ. Фактический уровень шума составляет 90 дБ, что превышает предельно-допустимый уровень [48].

В качестве индивидуальных средств защиты для рабочих применяются такие как: шумоизолирующие шлемы и противοшумные вкладыши «беруши» [49].

5.2.4 Производственная вибрация и мероприятия по борьбе с ней

Колебания частей аппаратов, машин, сооружений и коммуникаций, вызываемые динамической неуравновешенностью вращающихся деталей и другими причинами, принято называть вибрацией. Вибрацию разделяют на полезную и вредную. Вредная вибрация – это вибрация сооружений, машин и механизмов, которая обусловлена несовершенством указанных объектов и мешает выполнению основных функций, или технологически полезная вибрация, но передающаяся объектам или человеку, для которых она вредна. Допустимый уровень вибрации в железнодорожном цехе не должен превышать

112 дБ. Фактический уровень вибрации составляет 104 дБ, что не превышает предельно-допустимый уровень [50–51].

5.2.5 Загазованность и запыленность рабочей зоны

Воздух рабочей зоны производственного помещения должен соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям по параметрам микроклимата, содержанию вредных веществ (газа, пара, аэрозоли) и частиц пыли, приведенным в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Уровни загазованности и запыленности рабочей зоны находятся ниже значений, при которых не требуется применение средств защиты органов дыхания. Пониженная концентрация загазованности и запыленности обеспечивается за счет очистной установки.

Таблица 5.4 – Значения запылённости и загазованности воздуха рабочей зоны

ПДК, мг/м ³	Кремний диоксид	Масла минеральные нефтяные	Углерод оксид	Углеводороды нефти предельные алифатические
	6	5	20	300
Действительное значение в рабочей зоне, мг/м ³	0,006	2,5	4,2	100

Из таблицы 5.4 видно, что значения запыленности и загазованности в воздухе рабочей зоны цеха не превышают допустимые значения.

5.3 Анализ опасных факторов производственной среды

К опасным производственным факторам рабочего места относится пожароопасность, механические опасности, термическая опасность, электробезопасность.

К механическим опасностям относятся падение груза при подъеме или опускании грузоподъемным краном, движущиеся, вибрирующие, вращающиеся предметы и детали. Данного рода опасности могут нанести травмы обслуживающему персоналу, разрушение механизмов крана.

Способами защиты от воздействия механических факторов является соблюдение правил эксплуатации оборудования и соблюдения техники безопасности на рабочем месте.

К термическим опасностям относится работа при сварке. Открытые газовое пламя и дуга, струя плазмы, брызги жидкого металла и шлака при сварке и резке создают опасность ожогов. Для защиты персонала от термических опасностей предусмотрена специальная одежда.

При нарушении нормальных режимов работы, допущение нагрузок на электродвигатели, превышающие нормативные, при нарушении режима работы станков и иных нарушениях, может произойти перегревание электрооборудования и выход его из строя с последующим возгоранием.

Для обеспечения безопасности обслуживания электроустановок в цехе № 27 применяют защитное заземление, зануление или защитное отключение.

5.4 Охрана окружающей среды

Рабочая зона депо цеха № 27 не оказывает влияние на окружающую среду в связи с низким содержанием вредных веществ, появляющихся в процессе производства.

Выбросы и отходы, накапливающиеся в результате работы предприятия, в том числе, и в первую очередь в пылесборниках вентиляционной системы,

затем централизованно утилизируются в соответствии с действующим СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления».

5.5 Чрезвычайные ситуации на производстве

В качестве чрезвычайной ситуации в депо можно рассмотреть пожар.

Пожар может возникнуть при разливе нефтепродуктов, загорании минеральных нефтяных масел, металлической стружке, промасленной ветоши. Источником зажигания достаточного для воспламенения могут быть электрические искры и раскаленные частицы, которые образуются при коротком замыкании в электропроводке, при электросварке, несоблюдение режима курения. Температура электрической дуги при коротких замыканиях может достигать 4000 °С, следовательно, дуга будет являться источником зажигания всех горючих веществ.

На предприятии разработаны меры пожаротушения. Имеются огнетушители, планы эвакуации, проводятся соответствующие инструктажи, ознакомление с нормативными документами.

5.6 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

Для улучшения условий труда рабочих депо цеха № 27 следует предпринять меры по регулированию температурных режимов воздуха в помещении в разное время года. Для нормативного регулирования температурных показателей предложено разветвить вентиляционную систему и разработать специальные вентиляционные режимы.

Для доведения уровня освещенности до нормативного значения необходимо дополнительно установить светильники, доведя их общее количество до 24. Каждый светильник с 8 лампами по 40 Вт каждая, лампы размещаются в четыре ряда.

Поскольку уровень шума превышает предельно допустимый, необходимы обязательные мероприятия по снижению уровня шума и степени его воздействия на персонал предприятия. Для того, чтобы снизить степень негативного воздействия шума на персонал, необходима выдача и использование шумоизолирующих шлемов.

Уровень амплитуды вибрации воздействующей на персонал депо цеха № 27 ниже вредных значений, мероприятий по его снижению не требуется.

Загазованность и запыленность рабочей зоны не может оказать сильного негативного воздействия на здоровье персонала цеха № 27 в силу своих низких значений.

Для обеспечения безопасности персонала депо цеха № 27 от воздействий вредных и опасных факторов предприняты достаточные меры, обеспечивающие сохранение жизни и здоровья персонала.

Заключение

По результатам выполненной работы удалось достичь ранее поставленной цели.

Проведен анализ пожарной опасности железнодорожного цеха № 27 ООО «Юргинского машиностроительного завода».

При анализе пожарной опасности железнодорожного цеха № 27 были выявлены основные источники возгорания. Для расчета основных величин пожарного риска в результате исследований были спрогнозированы четыре возможных сценария развития пожара.

На основании проведенных расчетов установлено, что эвакуационные пути для всех сценариев развития пожара будут блокированы по потери видимости. Время блокирования эвакуационных путей составило: для первого этажа АБК – 3,06 минут, для второго и третьего этажа – 3,88 минут, для депо – 6,20 минут.

Расчетное время эвакуации административно-бытового корпуса и депо железнодорожного цеха находится в пределах от 1 до 1,05 минуты, что не превышает времени блокирования эвакуационных путей, следовательно, безопасность рабочего персонала обеспечена и составляет 0,999.

При расчете пожарного риска была проведена сравнительная оценка результатов индивидуального риска с индивидуальным допустимым риском. Было установлено, что пожарный риск для железнодорожного цеха превышает допустимое значение и составляет: для первого, второго и третьего этажей здания АБК – $1,15 \cdot 10^{-6}$, для депо железнодорожного цеха – $3,01 \cdot 10^{-6}$.

С целью минимизации индивидуального пожарного риска необходимо провести организационно-технические мероприятия. В качестве эффективного противопожарного мероприятия для снижения риска в железнодорожном цехе № 27 целесообразно установить автоматическую пожарную сигнализацию, при

установке которой индивидуальный пожарный риск не будет превышать предельно допустимого значения.

Для улучшения условий труда рабочих депо цеха № 27 следует предпринять меры по регулированию температурных режимов воздуха в помещении в разное время года. Для нормативного регулирования температурных показателей предложено разветвить вентиляционную систему и разработать специальные вентиляционные режимы.

Для доведения уровня освещенности до нормативного значения необходимо дополнительно установить светильники, доведя их общее количество до 24.

Для снижения степени негативного воздействия шума на персонал, необходима выдача и использование шумоизолирующих шлемов.

Был посчитан экономический ущерб, нанесенный цеху в случае возникновения пожара в депо железнодорожного цеха, который составил 2979599,7 руб.

Список публикаций студента

1. Гринченкова Н.С. Пожарные риски как одна из серьезных причин преждевременной смертности населения / Н.С. Гринченкова // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи. В 2-х томах, Юрга, 7–9 Апреля 2016. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016– Т. 2. – С. 372–374.

2. Теслева Е.П. Кварковая модель строения материи / Е.П. Теслева, Н.С. Гринченкова // Современное состояние и проблемы естественных наук: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Юрга, 17–18 Апреля, 2014. – Томск: ТПУ, 2014. – С. 86–88.

3. Гринченкова Н.С. Способы предотвращения самовозгорания горючих веществ и материалов / Н.С. Гринченкова // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 9–11 Апреля 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – С. 723–728.

4. Гринченкова Н.С. Количественная характеристика здоровья человека / Н.С. Гринченкова // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 9–11 Апреля 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – С. 728–731.

5. Гринченкова Н.С. Оценка токсичности сбросовых вод автомоек методом биотестирования / Н.С. Гринченкова, И.В. Карписонова // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 9–11 Апреля 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – С. 721–723.

6. Гринченкова Н.С. Образование газообразной составляющей сварочного аэрозоля и её воздействие на экологию человека / Н.С. Гринченкова // Экология и безопасность в техносфере: проблемы и пути решения: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции, Юрга, 27–28 Ноября 2013. – Томск: ТПУ, 2013 – С. 126–130.

7. Гринченкова Н.С. Поведение живых организмов как индикатор наступления чрезвычайной ситуации / Н.С. Гринченкова // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. В 2-х томах, Томск, 5–6 Ноября 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015 – Т. 2 – С. 299–303.

8. Гринченкова Н.С. Исследование способов предотвращения самовозгорания горючих веществ и материалов на пожаровзрывоопасных предприятиях / Н.С. Гринченкова // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Юрга, 27 – 28 Ноября 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – С. 358–363.

9. Пеньков А.И. Аварийно-спасательные работы при ликвидации последствий террористического акта / А.И. Пеньков, Н.С. Гринченкова, И.В. Полонникова (Карписонова) // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. В 2-х томах, Томск, 5–6 Ноября 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015 – Т. 2 – С. 262–267.

Список используемых источников

1. Статистика: официальный сайт МЧС [Электронный ресурс] / Россия, 2016. Режим доступа: www.mchs.gov.ru/stats/. Дата обращения: 15.05.2016 г.
2. Брушлинский Н.Н. Снова о рисках и управлении безопасностью систем // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – Вып. 4. – М.: ВИНТИ, 2002. – С. 230–234.
3. О техническом регулировании: Федеральный Закон от 27 декабря 2003 г. № 184-ФЗ [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. URL: <http://www.consultant.ru/search/?q=184>. Дата обращения: 15.05.2016 г.
4. ГОСТ Р 51897-2011 Менеджмент риска. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2011 г.
5. Глуховенко Ю.М. Оценка риска пожаров и катастроф // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Обзорная информация. – Вып. 1. – М.: ВИНТИ, 1992. – С. 13–32.
6. Брушлинский Н.Н. О понятии пожарного риска и связанных с ним понятиях // Пожарная безопасность. – 1999. – № 3. – С. 83–84.
7. Акимов Н.А. Кризисы и риск: к вопросу взаимосвязи категорий / Н.А. Акимов, Б.Н. Порфирьев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 38–49 с.
8. Ковалевич О.М. Понятие «риск» и его производные / О. М. Ковалевич. – М.: ВИНТИ, 2001. – 91–98 с.
9. Надежность технических систем и техногенный риск [Электронный ресурс] / Россия, 2016. Режим доступа: <http://www.obzh.ru/nad/2-3.html>. Дата обращения: 15.05.2016 г.
10. Акимов В.А. Основы анализа и управления рисков в природной и техногенной сферах / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радев. – М.: Деловой экспресс, 2005. – 352 с.

11. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // СПС Гарант, 2016. Режим доступа: <http://base.garant.ru/12161584/>. Дата обращения: 15.05.2016 г.
12. Экономические механизмы управления рисками чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] / Россия, 2016. Режим доступа: <http://www.obzh.ru/eco/1-1.html>. Дата обращения: 15.05.2016 г.
13. Брушлинский Н.Н. Пожарные риски / Н.Н. Брушлинский, Ю.Н. Шебенко – М.: ВНИИПО, 2007. – 370 с.
14. Брушлинский Н.Н. Основы теории пожарных рисков и её приложения \ Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.А. Клепко. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 82 с.
15. Концепция приемлемого риска [Электронный ресурс] / Охрана труда. Информационный ресурс. – Режим доступа: http://ohrana-bgd.ru/bgdobsh/bgdobsh1_39.html. Дата обращения: 20.05.2016 г.
16. Брушлинский Н.П. Пожарные риски. Основные понятия / Н.П. Брушлинский, Ю.М. Глуховенко. – М.: Национальная Академия наук пожарной безопасности Российской Федерации, 2004. – 55 с.
17. Причины возникновения пожаров [Электронный ресурс] / Россия, 2016. Режим доступа: <http://fireaudit.ru/prichiny-vozniknoveniya-pozharov>. Дата обращения: 20.05.2016 г.
18. Концепции и методы анализа риска [Электронный ресурс] / Россия, 2016. – Режим доступа: <http://allrefs.net/c42/45wv8/p4/>. Дата обращения: 20.05.2016 г.
19. Природа опасности [Электронный ресурс] / Россия, 2014. Режим доступа: http://knowledge.allbest.ru/life/2c0b65625a3ad78a5c53a88421206c27_0.html. Дата обращения: 20.05.2016 г.
20. Страхова Н.А. Характеристика наиболее используемых методов анализа рисков / Н.А. Страхова, С.А. Карамзин // Интернет-журнал Науковедение. – 2013. – № 3 (16). – С. 122.

21. О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска: Постановление Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 [Электронный ресурс] / СПС Гарант, 2016. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/195243/paragraph/1:1>. Дата обращения: 15.05.2016 г.

22. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: Приказ МЧС от 10 июля 2009 г. №404 [Электронный ресурс] / СПС Гарант, 2016. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/196118/paragraph/31171:4>. Дата обращения: 15.05.2016 г.

23. Исаков С.Л. Анализ и оценка рисков пожарной опасности промышленных объектов / С.Л. Исаков, М.Л. Чалаташвили // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2008. – № 4. – С. 95–98.

24. Акатьев В.А. К проблеме анализа управления пожарной безопасностью производственного объекта / В.А. Акатьев, В.С. Мануйлова, Р.Н. Прилуцкий // Ученые записки Российского государственного социального университета. – 2009. – № 5. – С. 75–82.

25. Еремина Т.Ю. Эффективные решения в обеспечении пожарной безопасности зданий и сооружений в Российской Федерации / Т.Ю. Еремина. – 2008. – № 6. – С. 20–21

26. О заводе [Электронный ресурс] / Юргинский Машзавод. – Режим доступа: <http://www.yumz.ru/about/>. Дата обращения: 30.05.2016 г.

27. План мероприятий по локализации и ликвидации аварийных ситуаций ОПО в железнодорожном цехе № 27. – ООО «Юргинский машзавод», 2014.

28. Корольченко А.Я. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности / А.Я. Корольченко, Д.О. Загорский. – М.: Изд-во «Пожнаука», 2010. – 118 с.

29. Шебеко Ю.Н. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» / Ю.Н. Шебеко, И.М. Смолин. – М.: ВНИИПО, 1998. – 119 с.
30. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. М.: Изд-во стандартов, 2009 г. – 80 с.
31. СНиП 2.04.01-85*. Внутренний противопожарный водопровод. – М.: Изд-во стандартов, 1985 г. – 35 с.
32. О противопожарном режиме: Постановление от 25 апреля 2012 г. № 390. [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=196561&fld=134&from=129263-0&rnd=210680.45708767021690444&>. Дата обращения: 15.05.2016 г.
33. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: Изд-во стандартов, 1997 г. – 13 с.
34. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации: Приказ от 18 июня 2003 г. № 313. [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=43497>. Дата обращения: 25.05.2016 г.
35. О пожарной безопасности: Федеральный Закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=198242>. Дата обращения: 15.05.2016 г.
36. ГОСТ Р 12.3.047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля». – М.: Изд-во стандартов, 1998 г. – 18 с.
37. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1991 г. – 16 с.
38. ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1981 г. – 20 с.

39. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: Приказ МЧС от 10 июля 2009 г. № 404 [Электронный ресурс] / Россия, 2016. Режим доступа: http://www.fireevacuation.ru/files/Posobie_OPR_1.pdf. Дата обращения: 20.05.2016 г.

40. Шебеко Ю.Н. Совершенствование методов определения расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Ю.Н. Шебеко, Д.М. Гордиенко, А.Е. Дроздов // Пожарная безопасность. – 2011. – № 3. – С. 57–65.

41. Метод определения площади пожара [Электронный ресурс] / Россия, 2016. Режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/398977>. Дата обращения: 31.05.2016 г.

42. Руководство к выполнению раздела выпускной квалификационной работы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» / Методические указания; Юргинский технологический институт, 2015. – 57 с.

43. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: Изд-во стандартов, 2011 г. – 6 с.

44. СанПиН 2.2.4.548.96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1996. – 15 с.

45. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Система стандартов безопасности труда. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 71 с.

46. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988 г. – 15 с.

47. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности. Система стандартов безопасности труда. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 13 с.

48. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Изд-во стандартов, 1996 г. – 15 с.

49. Производственный шум и защита от него [Электронный ресурс] / Укрпрофзащита. – Режим доступа: <http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/articles/noise>. Дата обращения 31.05.2016 г.

50. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1990 г. – 12 с.

51. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Изд-во стандартов, 1996 г. – 22 с.