



Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность
Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях
Кафедра безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы пожаровзрывозащиты в рабочей зоне цеха переработки ферросилиция АО «Кузнецкие ферросплавы» г. Новокузнецк

УДК 614.842.6:669.168.013.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-17Г20	Щербакова Юлия Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. БЖДЭиФВ	Родионов П.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Кандидат каф. Э и АСУ	Лизунков В.Г.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭ и ФВ	Филонов А.В.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭ и ФВ	Филонов А.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Юрга – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе
направления 20.03.01 – 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 БЖДЭ и ФВ
 _____ С.А. Солодский
 « ___ » _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-17Г20	Щербаковой Юлии Александровне

Тема работы:

«Разработка системы пожаровзрывозащиты в рабочей зоне цеха переработки ферросилиция АО «Кузнецкие ферросплавы» г. Новокузнецк»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30.01.2017 г. № 15/с

Срок сдачи студентов выполненной работы:	15.06.2017 г.
------------------------------------------	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является система пожаровзрывозащиты на АО «Кузнецкие ферросплавы» г. Новокузнецк
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Аналитический обзор по литературным источникам актуальности пожаровзрывозащитных систем на металлургических предприятиях Кузбасса и РФ. 2 Изучение требований нормативно-правовых актов по обеспечению пожаровзрывозащиты на металлургических предприятиях. 3 Постановка цели и задач исследования.

	<p>4 Поиск альтернативного способа уменьшения запыленности производственной среды в рабочей зоне. Повышение эффективности системы пожаровзрывозащиты.</p> <p>5 Расчёт эффективности работы аспирационных систем. Прогнозно-ситуационные исследования на предмет возникновения ЧС.</p> <p>6 Провести оценку прямого и косвенного ущерба, сравнить с оценкой на усовершенствования эффективного аспирационного оборудования.</p> <p>7 Усовершенствование системы пожаровзрывозащиты цеха переработки ферросилиция АО «Кузнецкие ферросплавы» г. Новокузнецк».</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков Владислав Геннадьевич
Социальная ответственность	Филонов Александр Владимирович
Нормоконтроль	Филонов Александр Владимирович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2017 г.
-------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. БЖДЭ и ФВ	Родионов П.В.			10.02.2017 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г20	Щербакова Юлия Александровна		10.02.2017 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 121 стр., 5 таблицы, 48 источников, 5 рисунков.

Ключевые слова: ПЫЛЬ, АСПИРАЦИЯ, ПОЖАРОВЗРЫВОЗАЩИТА, РУКАВНЫЙ ФИЛЬТР, ЦИКЛОН.

Объектом исследования является система пожаровзрывозащиты на АО «Кузнецкие ферросплавы».

Цель работы – поиск альтернативного способа уменьшения запыленности производственной среды в рабочей зоне дробления материалов, а так же повышение пожаровзрывозащиты цеха переработки ферросилиция.

В процессе исследования проводился анализ запыленности цеха, существующей системы пожаровзрывозащиты на предприятии, рассмотрены существующие способы очистки воздуха на металлургическом предприятии, выявлены эффективные и безопасные способы обеспыливания воздуха, разработаны дополнительные мероприятия для улучшения работы аспирационных систем на производстве

В процессе исследования были выявлены недостатки существующей аспирационной системы, проанализирована работа применяемых на производстве аспирационных установок.

В результате исследования усовершенствована система пожаровзрывозащиты цеха на АО «КФ» и выработаны рекомендации по ее применению.

Степень внедрения: начальная.

В будущем планируется продолжить детальную разработку с последующим внедрением.

Abstract

Final qualifying work consists of 121 p., 5 tables, 48 sources, 5 figures

Key words: DUST, ASPIRATION, POROWNYWANIA, BAG FILTER, CYCLONE.

The object of research is system požarobezопасnosti JSC «Kuznetsk ferroalloys».

Purpose – search for alternative way to reduce dust production environment in the working area of the crushing materials, as well as improving požarobezопасnosti plant of processing of ferrosilicon.

In the process of investigation the analysis of the dust shop, the existing system of požarobezопасnosti in the enterprise, the existing methods of cleaning air in a metallurgical plant, identified effective and safe methods of dust removal of air, developed additional measures to improve the functioning of aspiration systems in the production

In the process of the study the shortcomings of the existing aspiration system, analyzed the work used in the manufacture of aspiration systems.

The study system was improved požarobezопасnosti shop at JSC «KF» and recommendations on its application.

Level of implementation: initial.

In the future it is planned to continue the detailed development with the subsequent introduction.

Оглавление

	С.
Введение	10
1 Обзор литературы	11
2 Объект и методы исследования	21
2.1 Характеристика объекта исследования	21
2.2 Свойства взрывоопасной пыли	27
2.3 Существующие системы защиты	31
2.4 Нормативно-правовые акты о защите от пыли	34
2.5 Пожаровзрывозащита на металлургических предприятиях	34
2.6 Порядок проведения анализа пожаровзрывоопасности предприятия	38
3 Расчет и аналитика	43
3.1 Анализ пожаровзрывозащиты на ЦПФ	43
3.2 Усовершенствование аспирационной системы	47
3.2.1 Принципы управления аспирационной системой с помощью программируемого логического контроллера	49
3.2.2 Работа оборудования в автоматическом режиме	56
3.2.3 Аварийное отключение оборудования	58
3.2.4 Системы эвакуации запыленного воздуха	59
3.2.5 Снижение концентрации выделяющегося водорода путем установки датчиков (контроля) водорода типа OLCT100	66
3.2.6 Усовершенствование системы понижения влажности воздуха и вывода конденсата с производственного помещения	70
3.3 Прогнозно-ситуационные исследования на предмет возникновения ЧС	70
4 Финансовый менеджмент	76
4.1 Оценка прямого ущерба	76
4.2 Оценка косвенного ущерба	80
4.3 Расчет параметров тушения пожара по площади порошковым огнетушащим составом	81
4.3.1 Расчет площади тушения пожара	81

4.3.2	Расчет расхода порошкового состава для тушения пожара	81
4.3.3	Расчет количества стволов для тушения пожара	81
4.3.4	Расчет количества отделений для тушения пожара	82
4.3.5	Расчет общего количества порошкового состава для тушения пожаров	82
4.3.6	Расчет количества автомобилей порошкового тушения	82
4.3.7	Расчет времени свободного развития пожара	83
4.3.8	Расчет затрат на топливо (горюче-смазочные материалы) для пожарной техники	83
4.4	Расчет затрат, связанных с восстановлением помещения цеха	84
4.4.1	Затраты, связанные с монтажом электропроводки	84
4.5	Затраты на реконструкцию более эффективного аспирационного оборудования	85
4.6	Социальный эффект	85
5	Социальная ответственность	89
5.1	Анализ рабочего места слесаря-ремонтника энергослужбы	89
5.2	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды	90
5.2.1	Влияние выявленных вредных и опасных производственных факторов на организм	91
5.2.2	Сравнительный анализ результатов фактических замеров вредных и опасных факторов с нормативными значениями	93
5.2.3	Расчет пылевой нагрузки на весь период контакта с АПФД	94
5.3	Способы и методы, применяемые для защиты от вредных и опасных производственных факторов	95
5.4	Охрана окружающей среды	97
5.5	Защита в ЧС	97
5.6	Заключение по разделу социальная ответственность	99
	Заключение	100
	Список использованных источников	102
	Приложение А - План цеха с размещением технологического оборудования	108

Приложение Б – Справочные данные	110
Приложение В – Справочные данные	115
Приложение Г – Схема работы аспирационной системы	116
Приложение Д – Схема рукавного фильтра	118
Приложение Е - Эффективность работы каждой системы аспирации	119
Приложение Ж – Схема расстановки датчиков (контроля) водорода	120
Приложение З – Справочные данные	121

Введение

Производство ферросплавов является сложным технологическим процессом, так как происходят превращения сырья в разные состояния и с различными физико-механическими свойствами. Эти процессы сопровождаются выделением больших количеств полидисперсной пыли, вредных газов и других загрязнений [1].

Цель работы – поиск альтернативного способа уменьшения запыленности производственной среды в рабочей зоне, а так же повышение эффективности системы пожаровзрывозащиты.

Несмотря на совершенствование процессов и технологий в металлургическом производстве, положение в сфере промышленной безопасности не улучшается, число аварий и уровень травматизма остаются высокими. Одна из причин пожаров на металлургических предприятиях – взрывоопасная концентрация пыли [2].

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести аналитический обзор литературы по проблеме обеспечения пожаровзрывозащиты на металлургических предприятиях Р.Ф. Дать полное представление об объекте исследования на основе технической документации АО «Кузнецкие ферросплавы»;

- разработать систему пожаровзрывозащиты в ЦПФ;

- провести оценку прямого и косвенного ущерба, сравнить с оценкой на усовершенствование эффективного аспирационного оборудования, провести анализ по вредным и опасным производственным факторам.

Решение проблемы пожаровзрывозащиты сводится к повышению эффективности аспирационных систем и, как следствие, пожаровзрывозащиты. Особое значение приобретает разработка мероприятий по повышению уровня взрывопожарозащиты.

1 Обзор литературы

На промышленных предприятиях наиболее взрывоопасными являются образующиеся в нормальных или аварийных условиях газовоздушные и пылевоздушные смеси (ГВС и ПЛВС).

Пожаровзрывоопасность производства определяется параметрами пожароопасности и количеством используемых в технологических процессах материалов и веществ, конструктивными особенностями и режимами работы оборудования, наличием возможных источников зажигания и условий для быстрого распространения огня в случае пожара [3].

В среднем в год на металлургических предприятиях происходит 15–20 аварий. За период с 2009 г. по 2010 г. произошло 24 аварии.

На поднадзорных Ростехнадзору металлургических и коксохимических предприятиях и производствах в 2010 г. произошло 16 несчастных случаев со смертельным исходом (в 2009 г. – 8), в том числе 8 групповых несчастных случаев, при которых пострадало 32 человека, в том числе 9 – со смертельным исходом. Ущерб от которых составил 395415,419 тыс. рублей [4]. Анализ основных причин происшедших аварий изображен на рисунке 1.

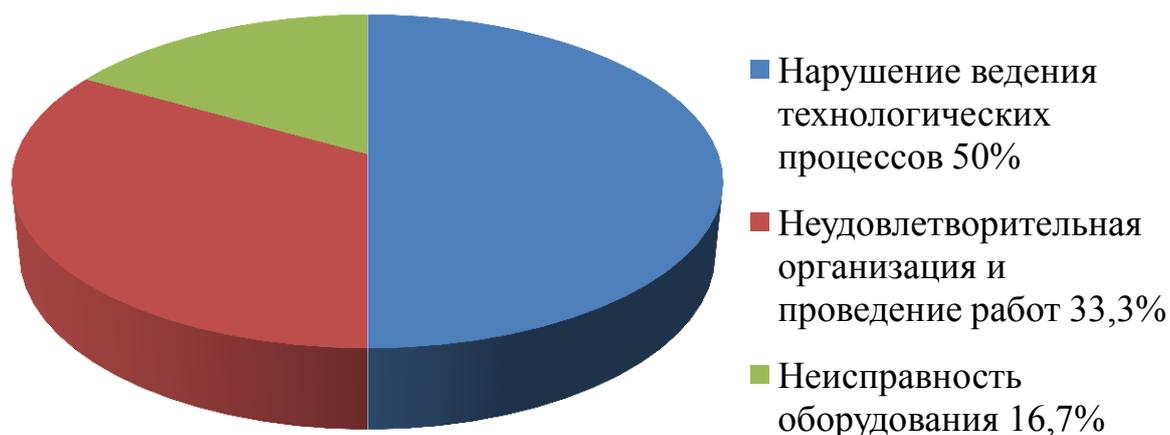


Рисунок 1 – Анализ основных причин происшедших аварий

Самой крупной аварией на металлургическом предприятии была авария на МК «Азовсталь» (г. Мариуполь) 23 марта 2009 г.

На доменной печи № 3 при подготовке ее к остановке на плановый капитальный ремонт произошла авария. Взрыв газовой смеси в куполе пылеуловителя печи повлек обрушение массивных металлоконструкций на магистральные газопровод, водовод, электрокабели, проходившие рядом. Газ воспламенился, возник пожар. Загорелись 60-кубометровая цистерна, предназначенная для нефтеслива, теплотрасса от второй насосной станции. Из-за повреждения водовода подтопило электроподстанцию, вследствие чего она отключилась, залило насосную первой домны – она также вышла из строя. Оставшись без водного охлаждения, прогорели все фурмы на первой и четвертой домнах. Печи вынужденно остановили. В результате аварии компания получила компенсацию в размере 56 млн. долларов. Позднее комиссия, расследовавшая произошедшее, пришла к следующему выводу: авария возникла в силу факторов повышенного риска, которые всегда сопровождают остановку доменной печи, и вины работников «Азовстали» в произошедшем нет [5].

В своей работе «Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов» Г.М. Алиев отметил, что в планах экономического и социального развития нашей страны имеется необходимость увеличения выпуска высокоэффективных пылеулавливающих аппаратов и совершенствование технологических процессов с целью сокращения выбросов вредных веществ в окружающую среду и улучшения очистки отходящих газов от вредных примесей.

Кроме проблем защиты окружающей среды наиболее актуальной является охрана воздушного бассейна, т.к. загрязненный воздух ухудшает экологические условия, приводит к преждевременному износу основных фондов промышленности.

В результате интенсификации технологических процессов и строительства новых агрегатов большой единичной мощности объемы

подлежащих очистке газов достигают сотен тысяч кубических метров в час. Поэтому современные очистные установки – это дорогостоящие и энергоемкие сооружения, их эксплуатация с показателями ниже проектных приводит не только к загрязнению атмосферы, но и ухудшению экономических показателей работы предприятия вследствие больших выплат за загрязнение окружающей среды.

В промышленности в результате переработки различного сырья и полуфабрикатов путем механического, термического и химического воздействия на них образуются отходящие промышленные газы, в которых содержатся взвешенные частицы.

Пыль в газах, отходящих от цементных и сырьевых сушилок, мельниц, печей обжига колчедана, в аспирационном воздухе пневмотранспортных устройств и т. д., является следствием осуществления механических процессов измельчения твердых тел (дробления, размалывания, перемешивания, истирания), пересыпки и транспортировки сыпучих материалов. В дымовых, генераторных, доменных, коксовых и других подобных газах содержится пыль, образующаяся в процессе горения топлива. Как продукт неполного сгорания органических веществ и топлива при недостатке воздуха образуется и уносится сажа. Если в газах содержатся какие-либо вещества в парообразном состоянии, то при охлаждении до определенной температуры пары конденсируются и переходят в жидкое или твердое состояние. Пыли, образующиеся в результате конденсации паров, называются возгонами. Газы (в том числе и воздух), содержащие взвешенные частицы, относятся к аэродисперсным системам [6].

При проектировании новых аспирационных систем и оценке воздействия на здоровье населения и окружающую природу существующих предприятий в России действуют ограничения на поступление вредных веществ в атмосферный воздух – нормы предельно допустимых выбросов, на основе которых взимается плата за выбросы вредных веществ в природную среду [7].

Выбросы в окружающую среду регламентируются:

- предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов;
- предельно допустимыми выбросами (ПДВ) вредных веществ, которые с учетом рассеивания в окружающем воздухе обеспечат концентрацию вредных веществ в атмосфере населенных пунктов, не превышающую ПДК;
- временно согласованными выбросами (ВСВ) вредных веществ от источника загрязнения.

Нормы ПДВ, представляющие из себя допустимое количество выбросов с данной промышленной площадки в тоннах по каждому виду выбросов отдельно, устанавливаются для каждого предприятия сроком на 5 лет. В России установлены предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе для почти 500 вредных веществ, а для более 1100 веществ приняты ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ). В международной практике пока не нормируют предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе, установление ПДК отнесено к компетенции правительства [8].

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны соответствовать ПДК (п. 3.1 ГОСТ 12-1-005-88) [4].

Федеральный закон от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» регламентирует санитарно-эпидемиологическое благополучие работников как одно из основных условий реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду [8].

В журнале «Молодой ученый» в своей научной статье Р. Д. Гритчин, Д. И. Иванков, А. Н. Тюрин отмечают, что сухие пылеуловители работают по принципу отделения тяжелых частиц от газов силами инерции (при раскрутке газов или их резком повороте). Циклоны наиболее распространенные пылеулавливающие агрегаты, они применяются на предприятиях черной и цветной металлургии, химической, нефтяной и деревообрабатывающей

промышленности, при производстве строительных материалов, в энергетике и др. При небольших капитальных затратах и эксплуатационных расходах циклоны обеспечивают очистку газов эффективностью 80–95 % от частиц пыли размером более 10 мкм. Циклоны являются надежными устройствами очистки, т.к. в их конструкции нет сложного механического оборудования, а сепарация пылевых частиц осуществляется под воздействием центробежной силы. Пылевая смесь со взвешенными в ней твердыми частицами через входной патрубок подается в цилиндрическую часть циклонного аппарата и совершают движение сверху вниз по наружной спирали. Под действием центробежной силы фракции пыли отделяются, и по стенкам циклона перемещаются вниз в сборный конус. Обычно в циклонах центробежное ускорение составляет от нескольких сотен, до тысяч раз больше ускорения силы тяжести, поэтому даже весьма маленькие частицы пыли не в состоянии следовать за газом, и под влиянием центробежной силы движутся к стенке. Накопленная пылевая смесь движется вдоль стенки по спирали вниз в пылевой бункер. Чистый воздух по мере движения сверху вниз частично меняет свое направление, поступая в осевую зону циклона. Чистый воздух подается в воздуховод для очищенного воздуха (сверху или сбоку циклона), частицы пылевой смеси вследствие своей инерционности этого сделать не успевают и попадают в бункер [9].

О том, что открытые рудовосстановительные ферросплавные печи на ферросплавных заводах являются мощными источниками выбросов пыли в атмосферу пришли к заключению Г.В. Витер и Д.В. Сталинский,. Для сухой очистки газов открытых ферросплавных печей в течение длительного времени в СНГ и развитых зарубежных странах применялись рукавные фильтры с обратной продувкой, в основном, напорного типа. Напорные рукавные фильтры с обратной продувкой работают под избыточным давлением, создаваемым дымососами, установленными перед фильтрами на линии «грязного» запыленного газа. Многолетний опыт эксплуатации выявил ряд эксплуатационных и конструктивных недостатков напорных фильтров. Альтернативным решением по очистке газов открытых ферросплавных печей

является применение высокопроизводительных всасывающих фильтров с импульсной регенерацией [10].

Несмотря на длительную историю развития, аспирация получила фундаментальную научно-техническую основу лишь в последние десятилетия. Этому способствовало развитие вентиляторостроения и совершенствование техники очистки воздуха от пыли. Росла и потребность аспирации со стороны быстро развивающихся отраслей металлургической строительной индустрии. Возник ряд научных школ направленных на решение возникающих экологических проблем. В области аспирации стали известными уральская (С.Е. Бутиков, А.М. Гервасьев, Л.А. Глушков, М.Т. Камышенко, В.Д. Олифер и др.), криворожская (И.И. Афанасьев, Е.Н. Бошняков, О.Д. Нейков, И.Н. Логачев, В.А. Минко, А.С. Серенко, А.В. Шелекетин) и американская (В. Хемеон, Р. Принг) школы, создавшие современные основы конструирования и методики расчета локализаций пылевыведений с помощью аспирации. Разработанные на их основе технические решения в области проектирования систем аспирации закреплены в ряде нормативных и научно-методических материалов.

Промышленные предприятия различной направленности могут использовать неограниченное количество вариантов аспирационных систем, используя разноплановое оборудование с различными конструктивными особенностями. Выбор системы воздухоочистки зависит от технологических и технико-экономических соображений. В основном владельцы предприятий ориентируются на характер пылеулавливающих устройств, качество, производительность, степень очистки воздуха от загрязнителей, которая зависит от скорости входящих воздушных потоков. Основным требованием к аспирационным системам являются высококачественные современные пылеулавливающие аппараты, отличающиеся друг от друга по конструктивному исполнению. Наиболее востребованными воздухоочистительными агрегатами являются циклоны и фильтры очистки воздушных потоков.

Так как пыль ферросилиция является пожаровзрывоопасной, то при большой концентрации пыли в цехах может возникнуть аварийная ситуация. Аналитическое исследование «хлопков» и взрывов пылевых облаков в отечественной и зарубежной промышленности убедительно свидетельствуют о том, что неубранная отложившаяся пыль слоем 0,1–0,5мм, может послужить образованию взрывоопасной концентрации (п. 5.1, п. 5.3. ГОСТ 1415-93 (ИСО 5445-80)) [11].

Пылевыведение в рабочих зонах технологического оборудования, выбросы мелкодисперсных частиц пыли за пределы технологического оборудования в производственное помещение и динамика накопления пыли на различных поверхностях производственного помещения формирует в определенных условиях реальную картину возникновения факторов пожаровзрывоопасности при выполнении технологических операций дробления, измельчения и отсева. Следовательно, дисперсный состав пыли в воздуховодах, пылеосадительных аппаратах отличается наличием мелкодисперсной фракции, что является решающим фактором пожаровзрывоопасности, приводящее к воспламенению пылевого облака и горению с переходом во взрыв.

Изучив «Сборник руководящих документов Государственной Противопожарной Службы», можно выделить следующие основные причины пожаров на металлургических предприятиях:

- нерациональное проектирование металлургических цехов, технологических процессов, агрегатов и оборудования без надлежащего учета требований пожарной безопасности;
- нарушения нормальных режимов технологических процессов;
- неполадки в работе устройств для очистки, транспортировки и потребления газа;
- неправильная эксплуатация электросетей и электрооборудования;
- неполадки и аварии при эксплуатации основных и вспомогательных агрегатов и оборудования (в частности, взрывы газа, металла, шлака и др.);

- неправильное ведение работ по ремонту металлургических агрегатов и оборудования;
- самовозгорание;
- разряды атмосферного и статического электричества;
- выбросы искр из труб металлургических печей и паровозов;
- нарушения элементарных требований пожарной охраны (неосторожное и халатное обращение с огнем, применение открытого огня для освещения при ремонтных работах, несвоевременная уборка производственных отходов и пыли, загромождение и захламление производственных помещений и т. п.).

Для тушения пожара используется вода, водяной пар, химическая и воздушно-механическая пена, негорючие газы, твердые огнегасительные порошки, специальные химические вещества и составы [12].

На основании п. 1.3 ГОСТ 12-004-91 Объекты, пожары на которых могут привести к массовому поражению людей, находящихся на этих объектах, и окружающей территории опасными и вредными производственными факторами (по ГОСТ 12.0.003), а также опасными факторами пожара и их вторичными проявлениями, должны иметь системы пожарной безопасности, обеспечивающие минимально возможную вероятность возникновения пожара. Значения минимально возможной вероятности возникновения пожара определяют проектировщики и технологи при паспортизации этих объектов в установленном порядке [13].

Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов № 116-ФЗ от 03.07.2016 г. определяет требования промышленной безопасности. Положения настоящего Федерального закона распространяются на все организации независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющие деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации [14].

Следующие методы и способы снижения пожарного риска выделил Н.Н. Брушлинский:

- снижающие частоту возникновения аварийных ситуаций;
- ограничивающие последствия аварии и снижающие условные вероятности ее развития по наиболее неблагоприятным сценариям;
- снижающие условную вероятность поражения людей опасными факторами пожаров и взрывов.

В зависимости от уровня пожарной опасности объекта указанные методы обычно применяются в сочетании, дополняя друг друга, но могут применяться и индивидуально.

Несмотря на совершенствование процессов и технологий в металлургическом производстве, положение в сфере промышленной безопасности не улучшается, число аварий и уровень травматизма на металлургических предприятиях остаются высокими. Предприятия металлургического комплекса, с точки зрения возникновения техногенных аварий, отличаются: большими объемами веществ и материалов, в том числе химически опасных; значительные тепловые излучения; использование в технологических процессах мощных агрегатов, машин и механизмов, создающих промышленные опасности; большие территории; расположение предприятий вблизи крупных населенных пунктов, а также вблизи рек и водоемов; использование в технологических процессах и их обслуживании большого количества трудовых ресурсов.

Проблема обеспечения взрывной и пожарной безопасности объектов черной металлургии являлась всегда весьма актуальной и имеет большое народнохозяйственное значение. Предприятия цветной и черной металлургии являются важной частью экономики России, обеспечивая продукцией отечественную промышленность и экспортируя ее за рубеж. Высокая производительность, выпуск продукции, соответствующей мировым стандартам, охрана труда и окружающей среды возможны только при хорошем обеспечении промышленной безопасности производственных объектов.

Мероприятий по пожаровзрывозащите на металлургических предприятиях направлены на создание оптимальных условий для работников,

обучение их действиям в случае аварийных и внештатных ситуаций, на соблюдение работоспособного состояния оборудования и производственных процессов. Если предприятие использует устаревшее оборудование, выработавшее свой проектный ресурс, его эксплуатация может привести к авариям с серьезными последствиями.

Опасность представляют все основные производства предприятий черной металлургии, поэтому значимость мероприятий по пожаровзрывозащите на металлургических предприятиях очевидна – они позволят избежать многих несчастных случаев, сохранить здоровье и жизнь людей, предотвратить тяжелые последствия возгорания.

Профилактика аварий, строго соблюдаемые правила по охране труда и промышленной безопасности, минимизация вреда, наносимого деятельностью предприятия окружающей среде – меры, которые должны приниматься на каждом заводе цветной или черной металлургии.

2 Объект и методы исследования

Предметом исследования является пожаровзрывозащита в рабочей зоне цеха переработки ферросилиция АО «Кузнецкие ферросплавы» г. Новокузнецк Кемеровской области.

Методы исследования:

- статистический анализ аварий, пожаров и взрывов на металлургических предприятиях РФ;
- прогнозно-ситуационные исследования на предмет возникновения пожаров и взрывов связанных с запыленностью рабочей зоны на предприятиях черной металлургии;
- моделирование аварийных ситуаций в цехе переработки ферросилиция в результате взрыва, пожара, связанных с запыленностью производственного помещения;
- поиск и разработка оптимальных решений по организации пылеочистки рабочей зоны цеха.

2.1 Характеристика объекта исследования

Акционерное общество «Кузнецкие ферросплавы» является крупнейшим российским производителем ферросилиция, и экспортёром данного металла в страны. Азии, Америки и Европы.

Кузнецкий ферросплавный завод построен в городе Новокузнецке, Кемеровской области в 1942 году. Численность работающих на предприятии – около 3 тысяч человек. Общий объём производимого ферросилиция – около 500 тысяч тонн в год.

Ферросилиций, производимый АО «КФ» отличается высоким качеством и низким уровнем примесей и пользуется большим спросом на внутреннем и внешнем рынках.

«Кузнецкие ферросплавы» («КФ») – единственное российское предприятие, освоившее производство высококачественного уплотненного микрокремнезема (МК), перспективного и ценного материала для современной строительной индустрии. Технология производства МК и его качество соответствуют уровню ведущих мировых фирм [15].

Постоянное увеличение объёмов производства, инвестиций в техническую модернизацию производственных мощностей позволили АО «Кузнецкие ферросплавы» зарекомендовать себя как высокоэффективное и конкурентоспособное предприятие.

В состав предприятия входят пять основных цехов и ряд вспомогательных подразделений [15]. К числу основных цехов относятся:

- плавильный цех № 1;
- плавильный цех № 2,
- плавильный цех № 3;
- цех переработки ферросилиция;
- цех очистки газов и производства огнеупорного микрокремнезема.

К числу вспомогательных подразделений относятся:

- ремонтно-механический цех;
- цех ремонта металлургического оборудования;
- энергоцех;
- электроцех;
- автотранспортный цех;
- железнодорожный цех.

Плавильные цеха имеют следующую структуру:

- в состав цеха № 1 входят 5 открытых печей – № 1, 2, 3, 4, 5;
- в состав цеха № 2 входят 4 открытые печи – № 6, 7, 8, 14 и две закрытых печи № 11, 15;
- в состав цеха № 3 входят 3 закрытые печи – № 10, 12, 13 и открытая печь № 9.

Каждый плавильный цех имеет свой шихтовый двор. В нем производится накопление сырья и его подготовка для плавки в ферросплавных печах. Подготовка сырья заключается в дроблении и последующем отсеивании мелких классов.

За каждым плавильным цехом имеются газоочистки. За плавильным цехом № 1 – газоочистка цеха № 1, за плавильным цехом № 2 – газоочистка цеха № 2, за плавильным цехом № 3 – газоочистка цеха № 3. Газоочистки цехов № 1, 2 – отдельно стоящие здания, в которых размещается очистное оборудование и механизмы.

Все печи обеспечены газоочистным оборудованием, в основном работающим по блочной схеме: плавильная печь-газоочистка. Поэтому газоочистка печи имеет номер плавильной печи. Так в здании газоочистки цеха № 1 размещены газоочистки печей № 1, № 2, № 3, № 4, в здании газоочистки цеха № 2 размещены газоочистки печей № 6, 14 (коллекторная схема), № 7, № 8. Газоочистки печи № 5 и 9 имеют отдельно стоящие здания. В здании газоочистки цеха № 3 размещены газоочистки закрытых печей № 10, № 11, № 12, № 13, № 15.

Газоочистки цехов № 1 и № 2 и печей № 5 и 9 оборудованы рукавными фильтрами. Газоочистка цеха № 3 – мокрая (скруббер – труба Вентури – каплеотделитель).

Газоочистные сооружения от открытых печей (рукавный фильтр) представляют собой сооружения, по размерам сопоставимым со зданием плавильных цехов.

Газоочистки закрытых печей (мокрые) расположены внутри зданий плавильных цехов, имеют незначительные размеры.

Сырьем для выплавки ферросилиция на АО «Кузнецкие ферросплавы» служит:

- кварцит Антоновского месторождения в г. Анжеро-Судженске;
- кокс, поступающий с коксохимических предприятий Кузбасса и Алтая;
- уголь шахт и разрезов Кузбасса;

- железосодержащие материалы в виде стальной стружки поступают с предприятий Росси;

- древесная щепа с перерабатывающих предприятий Кузбасса.

Основными видами продукции в настоящее время являются ферросилиций марок ФС75, ФС65, ФС45. На предприятии производится примерно 300 тыс. тонн ферросилиция в год.

Производство ферросилиция основано на реакции восстановления кремнезема SiO_2 в кремний при соединении его с углеродсодержащим компонентом (восстановителем), в качестве которого используют кокс-орешек и длиннопламенный каменный уголь. В качестве рыхлителя применяют древесную щепу.

При добавлении в шихту железосодержащего компонента происходит образование сплава кремния с железом в различных соотношениях, что определяет марку сплава. В качестве железосодержащего компонента при производстве ферросилиция используют стальную стружку.

Другими товарными продуктами АО «Кузнецкие ферросплавы» является микрокремнезём и шлак от выплавки ферросилиция.

План цеха с размещением технологического оборудования и аспирационных установок до техперевооружения представлен в приложении А, рисунок А.1.

Цех переработки ферросилиция (далее ЦПФ) предназначен для приёмки, дробления, фракционирования, упаковки и отгрузки готовой продукции (ферросилиция) потребителям, использующим его для раскисления и легирования стали, сплавов и чугуна.

Фракционированный ферросилиций производится в условиях АО «Кузнецкие ферросплавы» путем поэтапного механического разрушения слитков с последующим рассевом дробленой массы. Технологическая схема фракционирования включает в себя следующие основные этапы: разливка, дробление и классификация [16].

Цех переработки ферросилиция оснащен тремя линиями дробления и фракционирования ферросилиция, тремя автономными узлами первичного дробления, линией упаковки мягких контейнеров и двумя линиями упаковки морских контейнеров.

Одна линия дробления используется для дробления и фракционирования ферросилиция марки ФС65; две линии – для дробления и фракционирования ферросилиция марки ФС75.

В линии дробления осуществляется одностадийное дробление на дробилке с последующим рассевом на грохоте.

Дробление ферросилиция марки ФС75 производят на щековых дробилках со сложным качанием щеки СМД-109А или СМД-741. Рассев – производят на грохотах ГИЛ-32 с использованием сит.

Дробление основной доли ферросилиция марок ФС65, ФС45 производят на узле первичного дробления на стальной литой решетке 200 × 200 мм гидромолотом на базе экскаватора ЭО 3323А.

Вторичное дробление и фракционирование производят на щековой дробилке со сложным качанием щеки СМД-741. Рассев производят на двухситном грохоте ГИЛ-32.

ЦПФ производит следующие основные товарные фракции ферросилиция марки ФС75: 50–100, 10–50 и 0–15 мм.

Весь поступающий в ЦПФ металл принимается в СГП-1. Разгрузку технологических коробок с металлом, поступивших на железнодорожных платформах, осуществляют 2-мя электромостовыми кранами.

Узел первичного дробления предназначен для дробления слитков с дальнейшим направлением измельченного ферросилиция на узел вторичного дробления.

Узел вторичного дробления предназначен для переработки – дробления и сортировки измельченного ферросилиция. Дополнительно между узлами вторичного дробления установлен узел отсева мелких классов ферросилиция.

Узел одиночной линии дробления предназначен для полного цикла переработки слитков ферросилиция – дробления, сортировки, упаковки и отгрузки измельченного ферросилиция.

На участках первичного и вторичного дробления согласно технологической схемы ТИ 44-01-2007 предусмотрены отгрузка в железнодорожные вагоны и кораба (первичное дробление), а также загрузка в морские контейнеры и упаковка в контейнеры «Биг-бег» и барабаны (вторичное дробление).

Регламент работы ЦПФ АО «КФ» предусматривает переработку ферросилиция (за сутки):

- 260 тонн – участок одиночной линии дробления (ОЛД);
- 230 тонн – участок первичного дробления;
- 460 тонн (230 тонн на каждой из 2-х линий оставшихся после техперевооружения) – участок вторичного дробления.

Технологическая схема переработки ферросилиция представлена в приложении А.

После транспортировки металла на узел вторичного дробления из приемного бункера с помощью бункерного вибрационного питателя типа ПВБ-1,6/3,5 подается в щековые дробилки типа СМД-109А, где производится его дробление до нужных размеров. Из дробилок наклонными транспортерами шириной 800 мм металл подается на узлы отсева, установленные в пролете «Д-К», где производится его фракционирование. Отсев производится на двухситном грохоте ГИЛ-32 с выделением фракций: 0–15, 10–50, 10–100. Фракция 10–50 подается на узлы упаковки в 20-тифтовые контейнера. Режим работы круглогодичный, круглосуточный, 2-х сменный, не считая технических и технологических перерывов.

Узел упаковки представляет собой бункеры-накопители объемом 33 м³ с индивидуальными весодозирующими устройствами, выкатные тележки и площадку складирования.

Технологическая схема упаковки разных товарных фракций ферросилиция ФС75 однотипна. Дробленый металл с линии дробления и фракционирования саморазгружающимися кубеями подается мостовым краном в накопительные бункеры. Каждый бункер служит для накопления определенной товарной фракции ферросилиция. Загрузка мягких контейнеров осуществляется весодозирующим устройством фирмы «Mannesmann demag». Загруженный «Биг-бэг» на выкатной тележке выдвигается в пролет, где краном перемещается на площадку складирования.

Подготовленную партию «Биг-бэгов» отгружают в полувагоны в соответствии с требованиями по перевозке грузов на железной дороге.

Производство ферросилиция характеризуется образованием значительных количеств отходов производства. Некоторые из отходов при этом реализуются как товарный продукт потребителям, некоторые имеют ограниченную реализацию или не имеют реализации вообще.

Производственный корпус цеха не отапливается. Технологический процесс дробления, отсева и упаковки ферросилиция сопровождается выделениями пыли.

2.2 Свойства взрывоопасной пыли

Согласно технологической инструкции и производственно-технической инструкции (ПТИ 44-01-2007 и ВПТИ 44-01-2009) основным компонентом, участвующим в технологии переработки ферросилиция ЦПФ является ферросилиций марок ФС65 и ФС75, при этом неизбежным «спутником» переработки ферросилиция является пыль [17].

Пыль ферросилиция по степени воздействия на организм человека относят к 3-му классу опасности (ГОСТ 12.1.007), может гореть или тлеть в воздухе и может образовывать взрывоопасные смеси с воздухом при нормальных атмосферных условиях.

Зона классификации по пыли – это зона, в которой горючая пыль в виде облака или слоя присутствует или ожидается в количествах, которые требуют принятия особых мер предосторожности по конструкции и порядку использования электрооборудования для предотвращения воспламенения взрывчатой пылевоздушной смеси и наличия слоев пыли.

Пыль возникает при операциях по транспортировке материалов, включая перемещение, транспортировку, погрузку, разгрузку, грохочение, дробление, просыпание и т.д. Данные технологические операции ведут к образованию концентрированной пылевоздушной смеси во внутренних полостях технологического оборудования в процессе выполнения крупного и мелкого дробления (щековые дробилки – СМД-109А и СМД-741), отсева (грохот конструкции ГИЛ-32, голландские грохоты длинный S1 тип 8.000×1.1 SD и малый S2 тип S1U100/0200-3N) и перемещения – выгрузки дробленых ферросплавов из приемных бункеров на ленточные конвейера, при пересыпки с конвейера на конвейер, при перегрузке в морские, саморазгружающиеся (кюбели) и мягкие (биг-беги) контейнера. Выделившаяся из технологического оборудования пыль накапливается на различных поверхностях в производственном помещении.

Пыль от дробления ферросилиция представляет собой пылеватые фракции ферросилиция, образующиеся при дроблении и фракционировании ферросилиция, улавливаемая рукавными фильтрами системы пылеочистки. Всего на предприятии образуется до 250 т в год пыли от дробления ферросилиция. Химический состав пыли соответствует химическому составу высокопроцентного ферросилиция, содержание кремния составляет – 74–78 %, крупность – менее 1 мм.

Обязательными показателями пожарной опасности для твердых дисперсных материалов (пыли ФС65 и ФС75) являются [18]:

- группа горючести;
- температура самовоспламенения;
- максимальное давление взрыва;

- скорость нарастания давления взрыва;
- индекс взрывоопасности.

Дисперсный состав пыли представлен в приложении Б таблицах Б.1–Б.2.

К потенциальным источникам воспламенения пыли, особенно марки ФС75 (или смеси ферросилиция марок ФС65 и ФС75) можно отнести искры механического происхождения, открытое пламя, искры электрического происхождения и искры статического электричества. Вероятность воспламенения аэрозолей пыли ФС65 и ФС75 может быть довольно высокой в условиях увлажнения ферросилиция водой и появления гибридных смесей водород-пыль ферросилиция. При чем, в этих условиях горение пыли ферросилиция (взрыв) может происходить по эстафетному механизму: воспламенение – хлопок водорода – взвихривание и горение аэрозолей пыли ферросилиция со взрывом. При этом воспламенение гибридной смеси или водорода может происходить от низкокалорийного источника – пламени спички, сигареты, искр статического электричества.

Способность к выделению горючих газов при увлажнении водой.

Ферросилиций марок ФС65 и ФС75 можно рассматривать как материал практически не адсорбирующий воду. При хранении в обычных условиях содержание влаги не превышает 0,5–1,0 % по массе (воздушно-сухой). Однако после перемещения ферросилиция с низкой температурой (минус 10 °С – минус 30 °С и ниже), например, в теплое помещение конденсация влаги на поверхности ферросилиция (куски, порошок, пыль) может достигать 5–10 % по массе. В условиях контакта воды с ферросилицием выделяется в основном водород. Пожаровзрывоопасность аэрозолей пыли ферросплавов может быть существенно скорректирована не только за счет появления водорода при увлажнении ферросилиция, но и в результате переработки кускового ферросилиция, в порах которого (микротрещины, пузырьки и т.п.) «застыл» горючий газ.

Газовыделение из сухих пыледисперсных порошков (марки ФС65) идет интенсивно равномерно в течение 4-х суток и прекращается на пятые сутки.

Объем выделившихся газов к этому времени составляет 2,65 л/кг полидисперсного порошка (фракция < 3,0 мм).

Особенностью газовыделений из ФС65 является примерно одинаковое количество газов, полученное из сухого и увлажненного образца.

Удельные объемы газовыделений за определенные промежутки времени при увлажнении ФС65 водой (указаны в приложение Б таблицы Б.3–Б.4).

По динамике накопления пыли с учётом единицы произведённой продукции (с 1 т на 1 м²) и, используя данные по запылённости рабочей зоны, можно проследить связь между выделившейся пылью в атмосферу производственного помещения и осевшей пылью на поверхностях. Запылённость воздуха в 1 мг/м³ соответствует количеству осевшей пыли на площадках обслуживания технологического оборудования 2,2–3,1 мг/м².

Контроль содержания аэрозоля в воздухе рабочей зоны проводится периодически (не реже 1 раза в квартал) согласно ГОСТ 12.1.005 для веществ третьего класса опасности по методике определения вредных веществ, утвержденной Министерством здравоохранения.

В приложении Б таблице Б.5 приведены данные ОАО «НИИБТМЕТ» и ОАО «НИИМ» об интенсивности газовой выделения из ферросилиция различных марок, поставляемого в виде чушек (слитков) и кусков при их увлажнении.

Показатели пожаровзрывоопасности пыли (частицы размером менее 50 мкм) приведены в приложении Б в таблицах Б.6–Б.7.

Превышение концентрации пыли в рабочей зоне ЦПФ контролируется сотрудниками лаборатории предприятия на основании протоколов замера фактического уровня содержания аэрозоля преимущественно фиброгенного действия (АПФД) в воздухе.

2.3 Существующие системы защиты

На исследуемом объекте для снижения концентрации пыли ферросилиция на рабочих местах, от источников выделения пыли в цехе были

установлены 5 централизованных аспирационных систем, с общей суммарной производительностью 123440 м³/ч.

В приложении Б таблице Б.8 приведена характеристика установленных аспирационных систем с указанием присоединенных к ним технологических узлов и оборудования, являющегося источником выделения пыли.

Каждая аспирационная система имеет одну вытяжную трубу, которая объединяет несколько независимых друг от друга фильтровальных систем пылеудаления от разных технологических узлов переработки ферросилиция:

- АС-1. Система отсоса пыли от линии № 1 вторичного дробления, отсева (фракционирования) ФС и упаковки готовой продукции в морские контейнера;

- АС-2. Система отсоса пыли от линии № 2 вторичного дробления, отсева (фракционирования) ФС и упаковки готовой продукции в биг-беги;

- АС-3. Система отсоса пыли от линии № 3 вторичного дробления и отсева (фракционирования) ФС;

- АС-4. Система отсоса пыли от линии вторичного дробления и отсева (фракционирования) ФС СГП-1;

- АС-5. Система отсоса пыли от одиночной линии дробления, отсева, упаковки ФС в морские контейнера и «биг-беги».

Основной составляющей существующих систем АС-1, 2, 3 являются рукавные фильтры во взрывозащищенном исполнении типа ФРКН-90ВУ-01 (8 шт.) с площадью фильтрования 90 м², производительностью по очищаемому газу 9180 м³/час с удельной газовой нагрузкой на ткань 1,7 м³/м²·мин. При каждой аспирационной системе для перемещения запыленного воздуха по воздухопроводам разного диаметра установлены тягодутьевые машины ДН-12,5У по 2 шт. на каждую систему АС-1,2,3 (один дымосос в резерве).

Основным оборудованием для очистки запыленного воздуха в АС-5 является немецкий кассетный карманный фильтр Infa-Lamelen AJL 2/1083 («СовПлим» г. Новосибирск) производительностью по воздуху 19000 м³/час с площадью фильтрования 216 м². Для перемещения запыленного воздуха по

системе воздухопроводов разного диаметра установлены вентиляторы (2 шт., один в резерве) высокого давления (7500 Па) ВР 120-28 № 10, исп.5 с электродвигателем А250S4, N = 75 кВт.

Основным оборудованием в АС-4 СГП-1 являются группа из 6-ти циклонов ЦН-15-700×6 производительностью по воздуху 28250 м³/час и тягодутьевые машины ДН-12,5У = 2 шт. (один дымосос в резерве), давлением 2760 Па, с эл/двигателями 5А200L6У3, N = 30 кВт, n = 1000 об/мин и АИР200L4, N = 45 кВт., n = 1500 об/мин.

Концентрация образующейся пыли при работе системы аспирации:

- операции погрузки (например, на складе): 30–40 г пыли на 1 тонну погруженного материала;

- перемещение / транспортировка: 80–90 г пыли на 1 тонну погруженного материала;

- дробление (первичное): 200–500 г пыли на 1 тонну погруженного материала.

В настоящее время, аспирационные системы не отвечают требованиям пожаровзрывобезопасности ЦПФ и не обеспечивают нормативные требования по предельно-допустимым выбросам (ПДВ) в атмосферу от циклонов (АС-4) СГП-1.

2.4 Нормативно-правовые акты о мероприятиях по защите от пыли при технологическом процессе

Защита от действия производственной пыли производится техническими средствами – коллективными и индивидуальными, организационно-техническими и организационными.

При недостаточной защите пылеуловителями или невозможности их использования, защиту необходимо проводить с помощью пылеудаления. Это может быть естественная или искусственная вентиляция, причем искусственная

может быть как общая – на все помещение, так и местная – непосредственно в месте образования пыли.

Наиболее распространенное средство коллективной защиты от пыли, позволяющее влиять на мощность источника опасности (качественный состав и концентрацию пыли) – противопылевая вентиляционная система (аспирация).

Назначение аспирационных систем – обеспечить вытяжку от пылящего оборудования запыленного воздуха. Основными показателями, определяющим качество работы аспирационной системы, является объем воздуха, который она в состоянии удалить от пылящего оборудования и степень герметизации очагов пылевыведения от окружающей среды. Эффект аспирационной системы зависит от сравнения фактической концентрации пыли в воздухе производственного помещения с предельно допустимой концентрацией [18].

Как средство борьбы с пылью наиболее востребованы местные вытяжные вентиляционные системы, поскольку они предназначены не допускать попадание пыли в помещение, удаляя ее непосредственно от источника пылеобразования.

Если средств коллективной защиты недостаточно, могут быть использованы средства индивидуальной защиты (СИЗ). Средствами индивидуальной защиты от производственной пыли могут служить респираторы, маски, противогазы, спецодежда, спецобувь и средства защиты рук [10].

Защита по расстоянию опасного воздействия состоит в использовании для транспортировки пылящих веществ герметичных средств: герметичных рукавов или труб, контейнеров, мешков из не пропускающих пыль материалов и т.п. Важно то, что человек защищен от пылящих материалов.

Самым эффективным средством защиты является комплексная защита, которая возможна при автоматизации производства, когда человек удален от собственно технологического процесса и управляет им дистанционно. В этом случае он не контактирует непосредственно с оборудованием и материалами и не находится под воздействием пыли.

Организационно-технические средства защиты от пыли включают в себя: предупреждающие таблички, надписи; специальную маркировку; недоступность источников опасности и защищаемых объектов; рациональное размещение рабочих мест.

Организационные методы защиты от пыли включают в себя мероприятия:

- обучение работающих безопасным приемам работы;
- систематический контроль запыленности в зоне дыхания;
- контроль за поддержанием допустимых условий труда и состоянием здоровья работающих;
- медицинское обслуживание работников;
- рациональная организация труда и отдыха работающих.

2.5 Пожаровзрывозащита на металлургических предприятиях

К наиболее тяжелым последствиям, приносящим материальный ущерб и групповые несчастные случаи, приводят аварии на взрывопожароопасных производствах, имеющих на каждом крупном металлургическом предприятии. По количеству аварий, связанных со взрывами и пожарами, металлургическая промышленность стоит на втором месте – после химической промышленности, число пожаров и взрывов в которой в 4–5 раз меньше, чем в химической отрасли, но превышает число взрывов в других отраслях промышленности.

По сравнению с 2015 годом за 2016 год количество чрезвычайных ситуаций на производстве снизилось на 27,6 % (на 79 случаев). Количество пострадавших снижено на 28,3 % (на 96 человек), погибших на 30,1 % (на 58 человек). Произошло 4 групповых несчастных случая, при которых погибло 8 человек и 2 были тяжело травмированы, за 2015 год – 4 групповых случая, при которых погибло 6 человек и 7 тяжело травмировано.

По сравнению с прошлым 2016 годом за отчетный период количество чрезвычайных ситуаций на производстве снизилось на 25,1 % (на 44 случая).

Количество пострадавших снижено на 21,3 % (на 42 человека), погибших на 32,7 % (на 35 человек).

Противопожарные мероприятия в обязательном порядке включаются в план гражданской защиты объекта, план действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, планы повышения устойчивости функционирования объектов экономики и жизнеобеспечения населения в военное время и в чрезвычайных ситуациях, а также в программы обучения всех групп населения в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, организационно-техническими мероприятиями. Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а экономическими критериями эффективности материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов и выполнять одну из следующих задач:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;
- обеспечивать пожарную безопасность ценностей;
- обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей одновременно.

Объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне.

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

- применением машин, механизмов, оборудования, устройств, эксплуатации которых не образуются источники зажигания;

- применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.011 и правил устройства электроустановок;

- применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания;

- применением технологического процесса и оборудования, удовлетворяющего требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018;

- устройством молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;

- поддержанием температуры нагрева поверхности машин, механизмов, оборудования, устройств, веществ и материалов, которые могут войти в контакт с горючей средой, ниже предельно допустимой, составляющей 80 % наименьшей температуры самовоспламенения горючего;

- исключение возможности появления искрового разряда в горючей среде с энергией, равной и выше минимальной энергии зажигания;

- применением не искрящего инструмента при работе легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;

- ликвидацией условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов, изделий и конструкций;

- устранением контакта с воздухом пирофорных веществ;

- уменьшением определяющего размера горючей среды ниже предельно допустимого по горючести;

- выполнением действующих строительных норм, правил и стандартов.

Задачи противопожарной техники применительно к черной металлургии следующие:

- разработка строительно-планировочных решений по предотвращению взрывов и пожаров;

- выбор наиболее совершенных и безопасных с точки зрения пожаров технологических процессов, агрегатов и оборудования, осуществление непрерывности металлургических процессов, обеспечение дистанционного управления процессами, а также замена на действующих заводах пожаровзрывоопасных устройств безопасными;

- организация безопасной эксплуатации металлургических агрегатов и устройств газового хозяйства, что требует соблюдения противопожарного технологического режима, квалифицированного технологического надзора и контроля, проведения своевременных профилактических ремонтов и установленных периодических испытаний, а также наличия контрольно-измерительной аппаратуры, газоанализаторов, блокировок и предупредительной сигнализации;

- разработка мероприятий по локализации и быстрой ликвидации пожаров и последствий взрывов благодаря использованию наиболее эффективных средств тушения пожаров и соответствующей подготовки квалифицированного персонала для организации на металлургических заводах газоспасательной службы.

Основные мероприятия по профилактике пожарной опасности в черной металлургии:

- организационные мероприятия, которые предусматривают правильную эксплуатацию машин и внутризаводского транспорта, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, организацию добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности;

- технические мероприятия – соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования;

- мероприятия режимного характера – это запрещение курения в неустановленных местах, производства сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и т. д.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования [19].

2.6 Порядок проведения анализа пожаровзрывоопасности предприятия

Одна из составляющих системы управления промышленной безопасностью металлургического предприятия – анализ риска аварий, включающий идентификацию опасных веществ и оценку риска аварий для людей, имущества и окружающей среды. Для выяснения последствий и ущерба техногенных аварий необходимо определить: тип аварии – по причине взрывов, пожаров, утечки горючих материалов; род веществ «участвующих» в аварии – горючие газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, пыли, взрывчатые вещества; причина возникновения взрыва, пожара.

Анализ риска аварий металлургического предприятия (МП) состоит из следующих этапов: предварительного, анализа состояния предприятия, идентификации опасностей и оценки риска аварий, разработки рекомендаций по уменьшению риска.

На первом этапе (предварительном) анализе риска аварий изучается информация об эксплуатации опасных производственных объектов металлургического предприятия.

Анализ риска аварий дает возможность оценить степень опасности металлургического производства для людей и окружающей среды, состояние его промышленной безопасности, и на основании полученной информации разработать рекомендации по улучшению состояния промышленной безопасности на металлургическом комбинате.

На состояние аварийности и промышленной безопасности на металлургических предприятиях негативно влияют следующие факторы:

- физический износ технологического оборудования;
- несвоевременное и некачественное проведение капитального и текущего ремонта оборудования, зданий и сооружений;
- эксплуатация оборудования с отработанным нормативным сроком;
- применение несовершенных технологий;
- неконтролируемое сокращение численности квалифицированных специалистов и производственного персонала;
- снижение качества профессиональной подготовки производственного и ремонтного персонала.

Статистические данные аварийности показали, что основными причинами аварий являются конструктивные недостатки, нарушения при строительстве и эксплуатации оборудования.

Для обеспечения пожаровзрывобезопасности металлургического предприятия в основном применяются два метода исследования: постоянный мониторинг технического состояния с оценкой остаточного ресурса и определением срока его последующей безопасной эксплуатации.

В главе 21 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности указан порядок проведения анализа пожарной опасности производственного объекта и расчета пожарного риска [20].

Анализ пожарной опасности производственных объектов должен предусматривать:

- анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов на производственном объекте;
- определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса;
- определение перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную, для каждого технологического процесса;

- построение сценариев возникновения и развития пожаров, повлекших за собой гибель людей [21].

Анализ пожарной опасности технологических процессов предусматривает сопоставление показателей пожарной опасности веществ и материалов, обращающихся в технологическом процессе, с параметрами технологического процесса.

Определение пожароопасных ситуаций на производственном объекте должно осуществляться на основе анализа пожарной опасности каждого из технологических процессов и предусматривать выбор ситуаций, при реализации которых возникает опасность для людей, находящихся в зоне поражения опасными факторами пожара и вторичными последствиями воздействия опасных факторов пожара.

Для каждой пожароопасной ситуации на производственном объекте должно быть приведено описание причин возникновения и развития пожароопасных ситуаций, места их возникновения и факторов пожара, представляющих опасность для жизни и здоровья людей в местах их пребывания.

Для определения причин возникновения пожароопасных ситуаций должны быть определены события, реализация которых может привести к образованию горючей среды и появлению источника зажигания.

Оценка опасных факторов пожара, взрыва для различных сценариев их развития осуществляется на основе сопоставления информации о моделировании динамики опасных факторов пожара на территории производственного объекта и прилегающей к нему территории и информации о критических для жизни и здоровья людей значениях опасных факторов анализируемых пожара, взрыва.

Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара, взрыва на людей для различных сценариев развития пожароопасных ситуаций предусматривает определение числа людей, попавших в зону поражения опасными факторами пожара, взрыва [22].

К способам снижения пожаровзрывоопасности относятся:

- соблюдение технологического регламента;
- применение конструкционных материалов повышенной прочности стойких к механическим, температурным и агрессивным химическим воздействиям;
- использование систем антикоррозионной защиты (в том числе систем катодной и протекторной защиты);
- защита оборудования от пожара и механического повреждения (подземное расположение, теплоизоляция, водяное орошение
- использование соединений повышенной надежности (сварные соединения, фланцевые соединения по принципу «шип-паз»);
- применение запорной арматуры с повышенным классом герметичности.
- резервирование предохранительной арматуры на оборудовании под давлением.

К техническим средствам пожарной безопасности относятся [23]:

- средства сигнализации и оповещения о возникновении пожара:
 - беспроводные дымовые, кнопочные пожарные, сирены и звуковые пожарные извещатели;
 - автономные электронные системы пожарной сигнализации, имеющие в своём составе датчики, преобразователи, панели управления, в том числе компьютерные;
 - электронные системы охранно-пожарной сигнализации, встроенные в интегрированную систему безопасности ТК;
 - средства связи (телефоны, радиотелефоны, рация).
- средства, препятствующие распространению пожара (перегородки с применением материалов пониженной горючести, доводчики закрытия дверей);
- средства пожаротушения:
 - пожарные щиты;

- огнетушители;
- пожарные краны с пожарными рукавами;
- пожарные водопроводы (внутри здания – внутренние, по периметру здания - наружные, расположенные в колодцах);
- автоматические системы противопожарной защиты.

Для устранения причин пожаров и взрывов в черной металлургии проводятся технические, эксплуатационные, организационные и режимные мероприятия.

Система аспирации должна быть фундаментальной частью любого проекта по пожаровзрывозащите металлургического предприятия. В этот проект должны входить систематически определяемые источники образования пыли, ее предполагаемые уровни, оценка запыленности и способы измерения контроля пыли [24].

3 Расчеты и аналитика

3.1 Анализ пожаровзрывозащиты на ЦПФ

Для определения необходимых мер по пожаровзрывозащите технологического процесса по дроблению ферросилиция ЦПФ АО «КФ» был проведен анализ подразделения предприятия на предмет пожаровзрывоопасности.

Анализ пожаровзрывоопасности подразделения объекта экономики состоит из следующих этапов:

- определение на производственных площадях горючих материалов и веществ;
- определение в производственном процессе источников зажигания;
- эффективность систем пожаровзрывозащиты в ЦПФ;
- проведение профилактических организационно-технических мероприятий по пожаровзрывозащите.

Анализ пожарной опасности технологических процессов предусматривает сопоставление показателей пожарной опасности веществ и материалов, обращающихся в технологическом процессе, с параметрами технологического процесса.

Анализ пожарной опасности производственных объектов предусматривает определение комплекса профилактических мероприятий, изменяющих параметры технологического процесса до уровня, обеспечивающего допустимый пожарный риск [5].

На АО «КФ» в цехе переработки ферросилиция был проведен анализ системы пожаровзрывозащиты рабочей зоны. Результаты анализа отражены в таблице 1.

Таблица 1 - Анализ системы пожаровзрывозащиты рабочей зоны

Параметры анализа	Фактические данные	Соответствие НПА
1 Определение на производственных площадях горючих материалов и веществ:		
1.1 Пыль ферросилиция	Концентрация пыли: ФС 75 – 170 г/м ³ ; ФС 65 - 420 г/м ³	ВКПР ФС 75 – 150 г/м ³ ВКПР ФС 65 – 400 г/м ³
1.2 Повышенная концентрация водорода	ФС с массовой долей кремния 30–90 % выделяет водород и фосфин (количество фосфина в выделяющихся газах составляет 0,8–1,6 % по объему). ВКПР горючих газов (водорода) – 50 % по объему	НКПР газа по водороду 4,09 % объему.
<p>На основании «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ от 4 июля 2008 года. Технологическая среда является пожаровзрывоопасной, т.к. возможно образование смесей окислителя с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими аэрозолями и горючими пылями, в которых при появлении источника зажигания возможно инициирование взрыва и (или) пожара.</p>		
2 Определение в производственном процессе источников зажигания:		
2.1 Источники зажигания	<ul style="list-style-type: none"> - химическая реакция; - механическая энергия; - электрическая энергия, грозовой разряд и разряд статического электричества; - проведение огневых работ. 	<ul style="list-style-type: none"> - химическая реакция; - электрическая энергия; - проведение огневых работ.
<p>Знание классификации источников зажигания и причин их проявления позволяет разрабатывать противопожарные мероприятия; по предотвращению их возникновения в горючей среде.</p>		
3 Эффективность систем пожаровзрывозащиты в ЦПФ		
3.1 Система защиты от влаги	Отсутствует	<p>Осушитель воздуха адсорбционный (влагопоглотитель) D1400 IB. Отключающая арматура, для обеспечения постоянного движения воздуха во избежание образования конденсата. Сброс конденсата от компрессора и осушителя через отключающую арматуру и шланги, вывод конденсата по каналам в приямок. Из приямка конденсат насосом (со встроенным поплавковым датчиком) через рукав перекачивается в ближайший колодец ливневой канализации.</p>

Продолжение таблицы 1

3.2 Система защиты от выделения водорода	- полуавтоматическая система открытия лючков для проветривания; - ручной режим открытия лючков	Датчики (контроля) водорода (газосигнализаторы ДВК), автоматический режим открытия лючков
3.3 Системы защиты от пылевыведения	Аспирационная система (рукавной фильтр с тканевыми рукавами).	Аспирационная система (полиэфстровые рукава с мембраной из нетканого материала – политетрафторэтилена)
4 Проведение профилактических организационно-технических мероприятий по пожаровзрывозащите		
Инструктажи: 4.1 Вводный	При поступлении на работу	Выполняется своевременно
4.2 Первичный	До начала производственной деятельности	Выполняется своевременно
4.3 Повторный	Выполняющие пожароопасные работы – ежемесячно, другие 1 раз в год.	Выполняется своевременно
4.4 Внеплановый	При изменении норм ПБ, тех. Процесса, не знание правил ПБ, при перерыве в работе 30 (60) дней, по требованию надзорных органов	Выполняется своевременно
4.2 Целевой инструктаж по ПБ при проведении пожароопасных работ:	Выполнение пожароопасных работ, ликвидация аварий, проведение экскурсий	Выполняется своевременно
4.2 Тренировки по пожарной безопасности	1. индивидуальная (работник цеха) 2. цеховая (персонал цеха) 3. объектовая (персонал нескольких цехов) 4. совместная (персонал цехов и пожарной охраны)	Выполняется своевременно
4.3 Замена и заправка огнетушителей	1. порошковые огнетушители перезаряжаются 1 раз в 5 лет; 2. переосвидетельствование проводится 1 раз в год; 3. ОУ перезаряд 1 раз в 5 лет, взвешивается 1 раз в год	Выполняется своевременно
4.4 Замена / ремонт оборудования	1. Текущий ремонт; 2. Плановый ремонт; 3. Капитальный ремонт; 4. Замена оборудования проводится после полной выработки своего ресурса	Выполняется своевременно

Продолжение таблицы 1

<p>4.5 Ежемесячная уборка / генеральная уборка</p>	<p>- ежемесячная уборка пыли; - генеральная уборка пыли на всей территории помещения ЦПФ 1 раз в неделю;</p>	<p>- ежемесячная уборка пыли; - генеральная («тотальная») уборка пыли на всей территории помещения ЦПФ, не только на площадках обслуживания технологического оборудования и площадках свободных от оборудования, но и в труднодоступных и недоступных местах 1 раз в 4 дня;</p>
<p>4.6 Производственный контроль</p>	<p>- оперативный контроль за запыленностью воздуха в рабочей зоне проводится 1 раз в месяц.</p>	<p>- оперативный контроль за запыленностью воздуха в рабочей зоне проводится 1 раз в месяц.</p>

Логистика мест образования и движения пыли ферросилиция, водорода, конденсата приведена на рисунке 2.

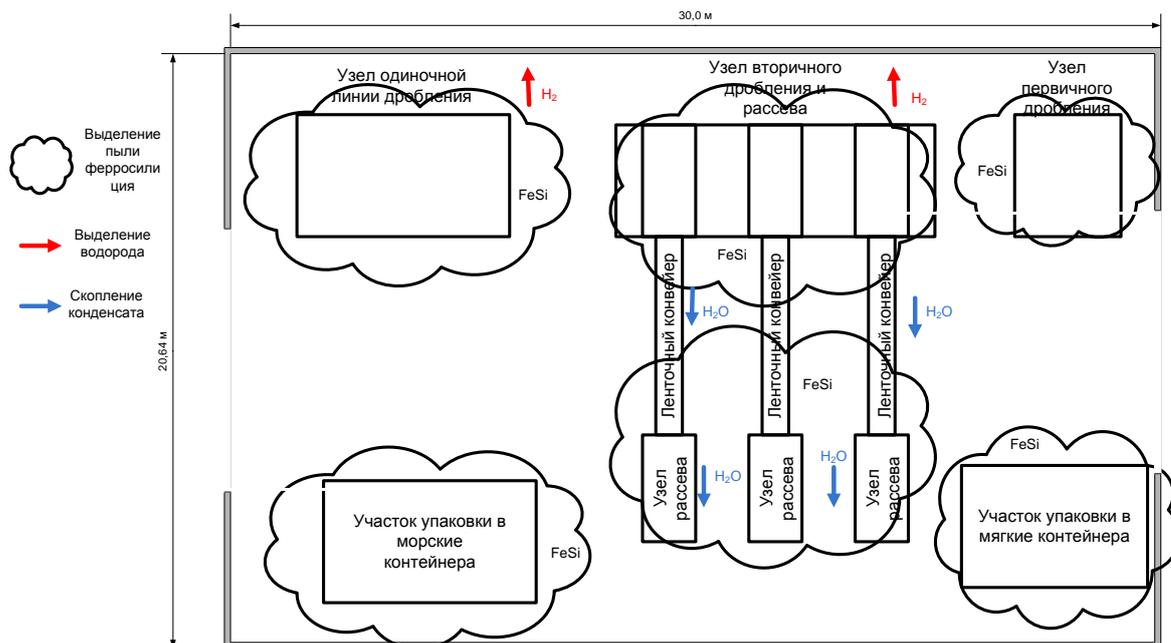


Рисунок 2 – Движение пыли ферросилиция, водорода, конденсата

Для повышения пожаровзрывозащиты в ЦПФ необходимо выполнить следующие задачи:

- снизить в помещении цеха концентрацию пыли ферросплавов от технологического оборудования в производственном процессе (не допустить взрывоопасную концентрацию пыли);

- снизить концентрацию выделяющегося водорода для предотвращения взрывоопасной ситуации;

- снизить влажность воздуха в цехе переработки ферросилиция, для понижения выделения конденсата.

Для выполнения поставленных задач необходимо:

- усовершенствовать аспирационную систему, путем установления более эффективного оборудования (рукавные фильтры с импульсной регенерацией типа RIVT (Rivaritex) 225-3.0/15-1.5"; компрессор Sierra SL90; вентиляторы типа КХЕ045-106015; а также установить программируемый логический контроллер, для автоматического запуска аспирационной системы;

- установить датчики (контроля) водорода типа OLCT100 по периметру производственного помещения;

- усовершенствовать систему понижения влажности воздуха (установить осушитель воздуха адсорбционный (влагопоглотитель) D1400) и вывода конденсата с ЦПФ, установив насос Unilift CC5 (Grundfos).

3.2 Усовершенствование аспирационной системы

Для обеспечения оптимальной работы системы аспирации наиболее ответственным участком всего цеха является интеграция автоматической системы управления и контрольно-измерительных приборов.

Функции управления реализованы в 3 режимах:

- ручном – при помощи кнопок на постах управления (пульт оператора или местные посты). В ручном режиме работы АСУ ТП действуют технологические установки, ограничения и защиты, только управление осуществляется вручную.

- наладочном – при помощи кнопок на постах управления (пульт

оператора или местные посты). Наладочный режим будет использоваться для проведения пуско-наладочных работ. Блокируются технологические установки, часть защит. Все операции осуществляются вручную.

- автоматическом – без привлечения оператора системы, средствами контроллеров.

Основным режимом управления является автоматический режим работы.

Основные технические задачи АСУ ТП системы аспирации цеха подготовки ферросилиция заключаются в следующем:

- обеспечение проектного уровня пылеудаления от каждого местного отсоса или вытяжного зонта:

- контроль перепада давления на фильтрах с помощью регулярной очистки ткани фильтра методом импульсной регенерации;

- снижение используемого объема сжатого воздуха посредством внедрения системы «умной» очистки («Смарт Клининг»);

- контроль уровня пыли в бункерах сбора пыли посредством непрерывной их разгрузки.

На рисунке 3 показана схема последовательного включения индивидуальных аппаратов, а также комбинированных систем последовательной очистки воздуха.

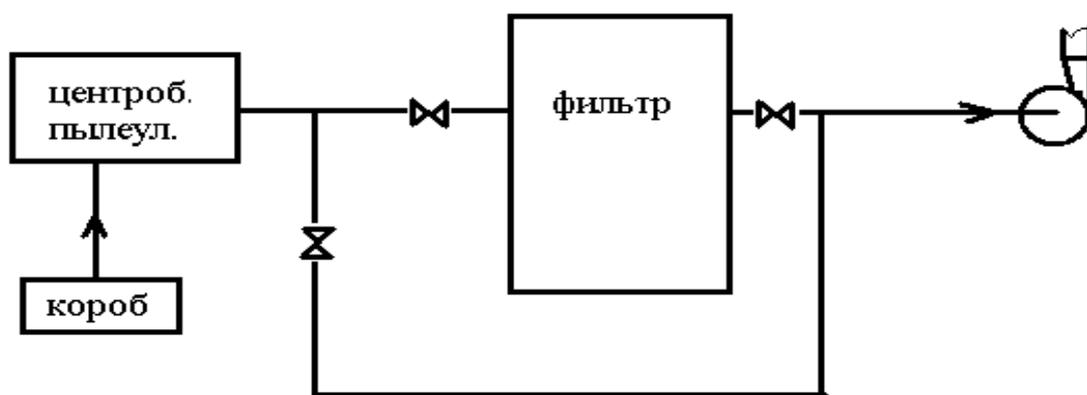


Рисунок 3 – Схема последовательного соединения аппаратов.

3.2.1 Принципы управления аспирационной системой с помощью программируемого логического контроллера

Основные принципы управления запуском всех 8 систем аспирации одинаковые для всех пяти узлов, и представляют собой следующие последовательности:

- работа аспирационного узла имеет блокировку совместно с работой дробильного оборудования. Эта блокировка представляет собой следующий принцип, система аспирации вводится в работу до запуска дробильного оборудования. Это блокировка в ручном режиме;

- перед тем как запустить систему в действие, проверить подачу сжатого воздуха. Если нет подачи сжатого воздуха, аспирационную систему запускать нельзя;

- проверить панели управления на наличие сигналов системы аварийной сигнализации;

- не запускать дымососы, если датчики уровня секций газоочистки показывают уровень (высокий). В этом случае необходимо сначала разгрузить излишки пыли из бункеров, а потом уже запускать систему;

- перед запуском узла в эксплуатацию, необходимо выполнить предварительные проверки;

- все аварийные сигналы должны быть визуальными представлены на страничке ПЛК для каждой отдельной системы фильтров.

Для запуска оборудования в работу, необходимо обеспечить следующее:

- наличие саморазгружающегося контейнера или насыпной емкости, расположенного под шлюзовым питателем каждого сборочного бункера;

- содержание всего оборудования в чистоте, свободное вращение крыльчатки вентиляторов. Не допускать наличие воды в корпусах вентиляторов;

- проверку вращения узлов приводов питателей и вытяжных вентиляторов;

- заполнение всех подшипников смазочными веществами, соответствующими спецификации, до нужного уровня;

- нахождение всех заслонок вентиляторов в закрытом положении.

Вентиляторы запускать по месту, на площадке, а не через ПЛК (программируемый логический контроллер). Это обеспечит проверку оборудования перед запуском. Запуск шлюзовых питателей производится с помощью ПЛК. Двигатели питателей напрямую соединены с двигателями вентиляторов, и это обеспечит то, что вентиляторы нельзя будет запустить, если не работают питатели. Если во время работы оборудование будет остановлено, в случае аварийной ситуации, вентиляторы отключают через ПЛК.

Когда системы аспирации работают в автоматическом режиме, фильтры очищают автоматически, когда перепад давления по фильтрам достигает определенного значения. Для этих систем автоматический режим является оптимальным.

Перепад давления по секциям фильтров газоочистки контролируется с помощью контрольно-измерительного прибора перепада давления. Когда перепад давления внутри любой из секций фильтров достигает величины 1,2 кПа, запускается режим очистки. Все модули в фильтре очищаются в произвольном импульсном порядке. Эта очистка выполняется с помощью подачи короткого импульса подачи сжатого воздуха в импульсную трубку. В этой трубке есть отверстия, которые направляют сжатый воздух вниз, в каждый из рукавов в этом ряду. Важно, чтобы соседние рукава не прочищались друг за другом, иначе пыль между рукавами не успеет осесть.

Фильтры газоочистки вступают в режим очистки автоматически, когда перепад давления достигает 1,2 кПа. Очистка продолжается до тех пор, пока давление не падает до 0,8 кПа. Если давление увеличивается до 1,5 кПа, система останавливает работу.

Пыль удаляется из фильтров газоочистки периодически, когда датчик уровня пыли в бункерах показывает (высокий). Когда уровень пыли достигает отметки (низкий), разгрузка останавливается.

Работа системы регенерации методом импульсной продувки рукавных фильтров VT 225-3.0/15-1.5" (количество 8 шт., состоящих из 21 модуля) будет обеспечиваться подачей сжатого воздуха от компрессора Sierra SL90 с осушителем.

Общие основные принципы работы автоматической системы управления включают в себя программируемый логический контроллер (ПЛК) на каждую систему пылеудаления центральной системы управления, т.е., всего девять контроллеров. Предусматривается, единый центральный пульт управления (аппаратная), оборудованный операторскими станциями. Эта система спроектирована таким образом, чтобы усиливать надежность контроля и управления системой аспирации, и в то же время обеспечивать легкость выполнения операций.

Контроль и управление системой аспирации цеха осуществляется с помощью программируемого логического контроллера (ПЛК) (см. рисунок 4) с соответствующим программным обеспечением, управляемого системой Scada (Supervisory for Control And Data Acquisition - диспетчерское управление и сбор данных).

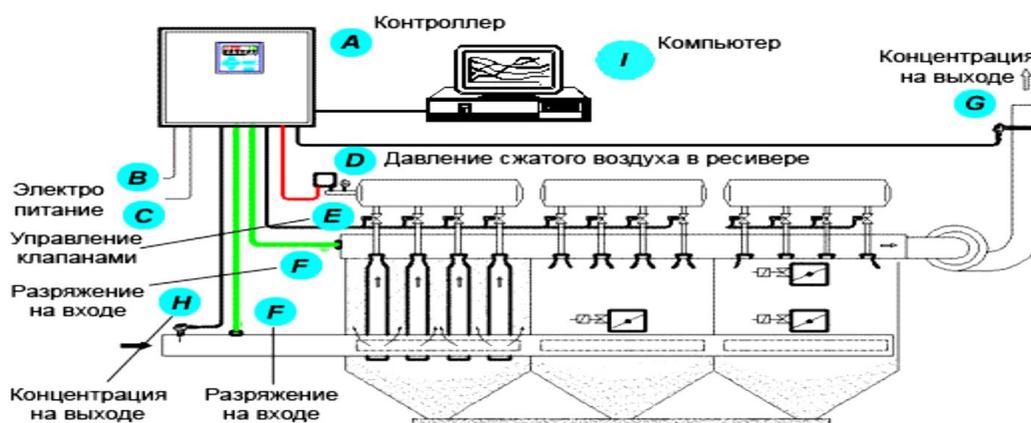


Рисунок 4 – Контроль и управление системой аспирации цеха

Для подготовки до необходимого качества воздуха к компрессорной установке принят осушитель воздуха адсорбционный (влагопоглатитель) D1400 IB (P = 5–10 атм., Q = 23,33 Нм³/мин). Встроенные входной и выходной фильтры. Электронная панель управления. История последних 20-ти аварийных сигналов.

Трубопроводы сжатого воздуха относятся к V категории группы (B), в зависимости от рабочих параметров среды и класса опасности транспортирующего вещества. Качество воздуха должно соответствовать классу ISO 8573-1. Подключение трубопроводов сжатого воздуха осуществляется к трубопроводу идущему от помещения компрессорной давлением 0,7 МПа (7 атм).

Давление сжатого воздуха на входе в приёмный ресивер модуля рукавного фильтра 0,6 МПа (6 атм.). В узел подготовки воздуха при фильтрах входит ресивер в теплоизоляции, оборудованный мембранными клапанами с электроподогревом (15 шт.).

Количество потребителей, в том числе одновременно работающих, расход необходимого воздуха дан в приложении В.

Основные технические задачи АСУ ТП системы аспирации цеха подготовки ферросилиция заключаются в следующем:

- обеспечение проектного уровня пылеудаления от каждого местного отсоса или вытяжного зонта;
- контроль перепада давления на фильтрах с помощью регулярной очистки ткани фильтра методом импульсной регенерации;
- снижение используемого объема сжатого воздуха посредством внедрения системы «умной» очистки («Смарт Клининг»);
- контроль уровня пыли в бункерах сбора пыли посредством непрерывной их разгрузки.

Для того чтобы контролировать объем отсасываемой пылевоздушной смеси и обеспечивать его на указанном проектном уровне, в газоходах установлены заслонки. Эти заслонки увеличивают сопротивление в каждом

отдельно взятом газоходе таким образом, чтобы оно было равным наибольшему сопротивлению из всех линий. Таким образом, происходит контроль объёма отсасываемой пылевоздушной смеси и его поддержание на заданном уровне.

Программа запуска всех 8 систем аспирации одинаковая. Схема АС приложение Г. Дымососы имеют функцию плавного запуска с пульта управления двигателями, что позволяет включить дымососы в работу без закрывания впускной задвижки. Эти задвижки зафиксированы в одном положении после балансировки системы и больше не изменяются.

Используя селекторный переключатель на панели, оператор имеет выбор – использовать или автоматический, или ручной режим управления системой. Рекомендуется, при нормальных условиях работы использовать автоматический режим. Рабочий персонал обязан проводить периодические проверки.

При обычных условиях работы, пылевоздушная смесь, удаляемая из цеха, поступает в секции фильтра через впускную заслонку, управляемую вручную. Эти впускные заслонки не являются частью системы управления, так как они используются только с целью изоляции (отсечения). Пыль собирается на внешней части рукавов фильтров, а очищенный воздух затем выходит из секций фильтра через камеру чистого воздуха, расположенную поверх трубных решеток. Затем очищенный воздух выбрасывается через вытяжную трубу.

Пыль, собранная внутри рукавного фильтра, направляется в бункер пирамидальной формы. У каждого модуля фильтра есть сборочный бункер. На каждом сборочном бункере предусмотрен шлюзовый питатель, и таким образом, собранная пыль может удаляться посредством этого питателя в сборочные контейнера / насыпные ёмкости (мешки «биг-беги»).

Шлюзовые питатели на сборочных бункерах автоматически запускаются в работу вместе с запуском фильтров и работают в автоматическом режиме. Питатели оборудованы местными кнопками останова, чтобы дать возможность сменить сборочные контейнера / насыпные ёмкости во время их работы. Сборочные контейнера пыли или насыпные ёмкости имеют такие размеры,

чтобы замену делать только один раз в день, или чаще, в зависимости от объёма переработанной продукции. Это обеспечит то, чтобы замена происходила или до начала работы фильтров, или после ее завершения, ежедневно. Если питатели останавливаются с использованием местных выключателей, оборудование в оставшейся части системы продолжает работу, при условии, что питатели вновь включаются в течение определенного периода времени. Этот период может регулироваться, в зависимости от времени, необходимого для замены полного сборочного контейнера / насыпной емкости на пустой.

Бункера оборудованы выключателями уровня (высокий-высокий). Когда уровень пыли в бункерах достигает заданной точки (высокий-высокий), работа оборудования останавливается. На панели появляется указание (загорится индикатор) того места, откуда поступил сигнал (высокий-высокий), что облегчит нахождение неисправности.

На панели предусмотрены следующие индикаторы аварийной сигнализации для облегчения работы оборудования время запуска оборудования. Когда эти индикаторы загораются, это означает, что какие-то узлы оборудования не в порядке. Эти действия влияют на возможность запустить оборудование в работу.

Подача сжатого воздуха отключена – этот индикатор аварийной сигнализации означает, что подача сжатого воздуха отключена, в то время как она должна быть включена. Командоаппарат нельзя будет включить, пока не будет обеспечена подача сжатого воздуха.

Шлюзовый питатель отключен – указывает на то, что шлюзовые питатели не включились в работу. Оборудование будет отключено, если питатели будут оставаться в положении (отключен) больше заданного периода времени.

Во время остановки работы системы аспирации, сначала останавливается главный дымосос, а затем – пуш-пульные вентиляторы. Обязательным условием является то, что оборудование по удалению пыли остается в работе еще около 20 минут после отключения дымососов для того, чтобы удалить всю оставшуюся пыль из бункеров.

Оператор может отключить работу оборудования цеха в конце смены посредством ПЛК. На контрольной панели оборудования предусмотрена кнопка (отключение).

Программируемый логический контроллер (ПЛК) автоматически отключит работу вентиляторов. Если ПЛК не сможет отключить вентилятор, на панели загорится индикатор аварийной сигнализации, который покажет, какой вентилятор (или вентиляторы) все еще продолжают свою работу; после этого их можно отключить вручную местными выключателями (вкл / выкл). То же самое относится и шлюзовым питателям.

После того, как отключится последний вентилятор, и до того, как отключатся шлюзовые питатели, запрограммирована 10-минутная выдержка. Это сделано для того, чтобы дать возможность разгрузить бункера до отключения питателей. Эта задержка по времени регулируется.

Оператор выбирает, в каком режиме будет работать оборудование – ручном или автоматическом. Если выбран автоматический режим, рукавный фильтр будет очищаться способом импульсной продувки только тогда, когда перепад давления на рукавах достигает определенного значения. После того, как это значение достигнуто, рукава очищаются импульсной продувкой в произвольной последовательности при условии, что их клапана подачи воздуха под давлением включены в работу. Если клапан не подсоединен, он «пропускается» в схеме. Установочные значения для очистки фильтров импульсной продувкой следующие:

- перепад давления (высокий-высокий) = 1,5 кПа. При этом отключается работа всего оборудования системы фильтров;

- высокий перепад давления = 1,2 кПа. Это запускает в работу последовательность операций импульсной очистки;

- низкий перепад давления = 0,8 кПа. Это останавливает импульсную очистку.

Соленоидный клапан открывается приблизительно на 80 миллисекунд, чтобы сжатый воздух поступил в раздаточную трубу, которая в свою очередь

направляет сжатый воздух в трубу Вентури каждой раздаточной трубы определенного ряда фильтров. Частота срабатывания системы импульсной продувки, т.е., временной интервал между импульсами, может регулироваться в течение как минимум 3 секунд, и как максимум, одной минуты. Эта частота дает возможность наибольшему количеству пыли, выбитому из ткани рукава, осесть до наступления следующего цикла импульсной очистки.

Очистка способом импульсной продувки выполняется в произвольном порядке, как противоположность последовательной очистке. Это необходимо для того, чтобы только что очищенный рукав не забивался пылью, выделяющей в процессе очистки от соседнего загрязненного рукава. Программируемый логический контроллер (ПЛК) в произвольном порядке выбирает тот или иной рукавный фильтр, когда система работает в автоматическом режиме.

Таким образом, ПЛК контролирует следующие участки и узлы оборудования, когда система работает в автоматическом режиме:

- перепад давления на рукавах фильтров;
- уровень заполнения накопительных бункеров;
- скорость шлюзовых питателей;
- шлюзовый питатель вкл / выкл.;
- вентилятор вкл / выкл.;
- подача сжатого воздуха вкл / выкл.

3.2.2 Работа оборудования в автоматическом режиме

Если система не работает в соответствии с проектными параметрами, на контрольной панели управления появится индикация, сообщающая об этом. Если эти отклонения находятся в пределах нормы, исходя из работы оборудования, то на панели загорается лампочка-индикатор. Если отклонения превышают нормы, ПЛК отключит работу оборудования в соответствии с последовательностью останова. Аварийные сигналы, или предупреждающие световые индикаторы для работы в автоматическом режиме следующие:

- отклонения в скорости работы шлюзового питателя – работа питателя замедлится, если они забиты материалом;

- подача сжатого воздуха (откл) – если прекратится подача сжатого воздуха, загорится лампочка аварийной сигнализации;

- если вентилятор отключится, загорится лампочка аварийной сигнализации;

- если не удастся открыть клапан импульсной продувки с помощью ПЛК, лампочка аварийной сигнализации укажет, какой именно клапан не открылся. Затем откроется следующий по порядку клапан.

Следующие причины вызовут полное или частичное отключение работы оборудования с помощью ПЛК. На панели показана причина останова, и это поможет обнаружить неисправность.

Если перепад давления достигнет 1,5 кПа, прекратится работа оборудования всей системы фильтров.

Если отключится / перестанет работать один шлюзовый питатель или более, и это будет продолжаться свыше определенного заданного периода времени, будет остановлена работа всей системы фильтров.

Если клапан подачи импульса не закроется после срабатывания, будет остановлена работа всей системы фильтров.

Если система работает в ручном режиме, фильтр будет продуваться при выборе оператором на панели кнопки импульс. После этого рукава очищаются. Программируемый логический контроллер (ПЛК) произвольно выбирает последовательность импульсной продувки, когда установка работает в ручном режиме, а также в автоматическом. Единственная разница в том, что импульсная продувка не будет автоматической при достижении наивысшего значения перепада давления, в этом случае оператор сам решает, в какой последовательности продувать фильтры.

При работе оборудования в ручном режиме, ПЛК контролирует следующие параметры:

- перепад давления по рукавам фильтров;

- уровень загрузки накопительных бункеров;
- скорость шлюзовых питателей;
- вкл / выкл шлюзовых питателей;
- вкл / выкл вентиляторов;
- вкл / выкл подачи сжатого воздуха.

3.2.3 Аварийное отключение оборудования

Аварийные сигналы, или предупреждающие световые индикаторы для работы в ручном режиме следующие:

- отклонения в скорости работы шлюзового питателя – работа питателей замедлится, если они будут забиты материалом;
- подача сжатого воздуха откл. – если прекратится подача сжатого воздуха, то загорится лампочка аварийной сигнализации;
- если вентилятор отключится, загорится лампочка аварийной сигнализации;
- если не удастся открыть клапан импульсной продувки с помощью ПЛК, лампочка аварийной сигнализации укажет, какой именно клапан не открылся. Затем откроется следующий по порядку клапан.

Следующие причины вызовут полное или частичное отключение работы оборудования с помощью ПЛК. На панели показана причина останова, и это поможет обнаружить неисправность:

- если перепад давления достигнет 1,5 кПа, прекратится работа оборудования всей системы фильтров;
- если отключится / перестанет работать один шлюзовый питатель или более, и это будет продолжаться свыше определенного заданного периода времени, будет остановлена работа всей системы фильтров;
- если клапан подачи импульса не закроется после срабатывания, будет остановлена работа всей системы фильтров.

3.2.4 Системы эвакуации запыленного воздуха

Системы эвакуации запыленного воздуха:

а) Система аспирации V-АС-1.

Системы отсоса пыли от узла упаковки готовой продукции в морские контейнера включают в себя забор запыленного воздуха от места загрузки приемных бункеров, разгрузки бункеров вибропитателями и загрузки контейнеров передвижными конвейерами;

б) Система аспирации V-АС-2.

Система отсоса пыли от линии № 1, 3 вторичного дробления, отсева и фракционирования ФС включает в себя забор запыленного воздуха от места загрузки приемного бункера дробилки, питателя дробилки, выгрузки ФС из дробилки на конвейер, помещения грохотов, камеры-укрытия участка заполнения кубелей;

Система отсоса пыли от узла дробления и отсева (малый грохот S2) одиночной линии дробления ФС включает в себя забор запыленного воздуха от места загрузки приемного бункера дробилки, питателя дробилки, выгрузки ФС из дробилки на конвейер, пересыпки на загрузочный конвейер грохота, укрытия грохота, приемных бункеров грохота, участков заполнения биг-бегов;

Система отсоса пыли от узла отсева (длинный грохот S1) и узла упаковки готовой продукции в морской контейнер одиночной линии дробления ФС включает в себя забор запыленного воздуха от места загрузки грохота, укрытия грохота, выгрузки ФС из приемных бункеров на конвейера, пересыпки с передаточного конвейера на винтовой, загрузки контейнера передвижным конвейером;

в) Система аспирации V-АС-3.

Система отсоса пыли от узла первичного дробления включает в себя забор запыленного воздуха от места загрузки приемного бункера дробилки, выгрузки ФС в короба;

Система отсоса пыли от узла упаковки готовой продукции в биг-беги включает в себя забор запыленного воздуха от мест загрузки приемных бункеров, разгрузки бункеров вибропитателями;

г) Колосниковые решетки и загрузочные бункера оборудованы системой воздушной завесы типа «пуш-пул», расположенной над решеткой или над бункером. Эта система выбрасывает воздух под давлением над всей поверхностью решетки с одной стороны, и захватывает его на другой. Таким образом, имеется устройство, которое обдувает решетку воздухом, и вытяжной зонт на противоположной стороне, который засасывает этот воздух вместе с захваченной пылью;

д) Запыленный воздух от зонтов и укрытий аспирационной системы V-AC-1 по системе воздуховодов поступает на 6 рукавных фильтров с импульсной регенерацией типа RIVT (Rivaritex) 225-3.0/15-1.5”, каждый из которых обслуживает свою систему. Очищенный от пыли воздух через вытяжную трубу высотой 30,3 м выбрасывается в атмосферу, каждая из труб обслуживает свою систему;

е) Запыленный воздух от зонтов и укрытий аспирационной системы V-AC-2 по системе воздуховодов поступает на 10 рукавных фильтров с импульсной регенерацией типа RIVT (Rivaritex) 225-3.0/15-1.5”, каждый из которых обслуживает свою систему. Очищенный от пыли воздух через вытяжную трубу высотой 30,3 м выбрасывается в атмосферу, каждая из труб обслуживает свою систему;

ж) На воздуховодах и на корпусах фильтров RIVT (Rivaritex) 225–3.0/15 -1.5” аспирационных систем (V-AC-1, V-AC-2, V-AC-3) установлены противовзрывные клапаны Brilex GE;

з) На горизонтальных участках воздуховодов аспирационных систем (V-AC-1, V-AC-2, V-AC-3) установлены лючки для осмотра и чистки отложившейся пыли;

и) Пылеочистная установка:

1) Составные фильтра представлены в приложении Д.

Работа фильтра основывается на процессе осаждения частиц пыли на поверхности фильтровального материала, фильтрующих элементов рукавов. Образующаяся пылевая корочка является дополнительным фильтрующим слоем до повышения аэродинамического сопротивления не более 1900 Па. Удаление корочки (регенерация) происходит импульсом сжатого воздуха внутрь фильтрующего элемента.

В конструкции фильтра, дополнительно к фильтрации через фильтровальный материал, используются аэродинамические силы газового потока в процессе осаждения улавливаемых частиц за счет сил инерции в предварительной камере осаждения.

Фильтр имеет две стадии фильтрации:

- 1 стадия – осадительная камера и отбойная плита;
- 2 стадия – рукавные фильтрующие элементы.

Состоит из секций рукавных фильтрующих элементов, подвешенных вертикально на монтажной плите, которая служит для разделения камер с входящим загрязненным («грязным») и очищенным («чистым») газом.

Работа фильтра происходит следующим образом. Пылегазовые выбросы, находящиеся в воздуховоде, всасываются внутрь корпуса фильтра за счет разрежения (давления), создаваемого вентилятором. Пылегазовоздушные выбросы, поступая в корпус с расчетной скоростью, встречают на своем пути наклонную перегородку и резко меняют направления движения. Сначала уходят вниз в направлении бункера, а затем устремляются вверх в направлении рукавов. Вследствие этого крупные механические частицы, находящиеся в составе пылегазовоздушных выбросов по инерции оседают в бункерах корпуса. Происходит предварительная очистка пылегазовоздушных выбросов.

Затем пылегазовоздушные выбросы очищаются вторично, проходя через рукава, и устремляются вверх в камеру чистого воздуха через отверстия в монтажной плите. В камере чистого воздуха пылегазовоздушные выбросы удаляются из корпуса через отводящий патрубок.

Пневматическое оборудование и электрооборудование обеспечивают автоматическую регенерацию (очистку) рукавов по мере их загрязнения. Степень загрязнения рукавов контролируется дифференциальным манометром, встроенным в контроллер, который при достижении установленного уровня загрязнения подает сигнал на контроллер для осуществления регенерации рукавов.

Датчик дифференциального перепада давления контроллера контролирует разницу давления между камерами «чистого» и «грязного» газа фильтра. При достижении перепада давления около 1500 Па, начинается цикл регенерации и продолжается до того момента, когда достигается нижнее заданное значение около 800 Па.

Регенерация рукавов осуществляется посредством встряхивания осевшей на внешних стенках рукава пыли. Такое встряхивание производится за счет импульсной продувки сжатым воздухом. По команде контроллера происходит импульсное периодическое открытие электромагнитных клапанов, установленных на блоках продувки, вследствие чего сжатый воздух из блоков продувки поступает в рукава по продувочным трубам в последовательности заданной на контроллере. Одна продувочная труба распределяет импульс сжатого воздуха на несколько рукавов расположенных в ряд. Все продувочные трубы оснащены необходимым количеством специальных отверстий для каждого рукава. Пыль, удаленная с поверхности рукавов падает в бункеры, а затем по наклонным стенкам бункеров попадает в шнек, который удаляет ее по мере его заполнения.

2) Блок продувки служит для накопления и подачи сжатого воздуха для регенерации рукавов.

Представляет собой цилиндрическую емкость с патрубками подвода и отвода сжатого воздуха (рисунок 5).

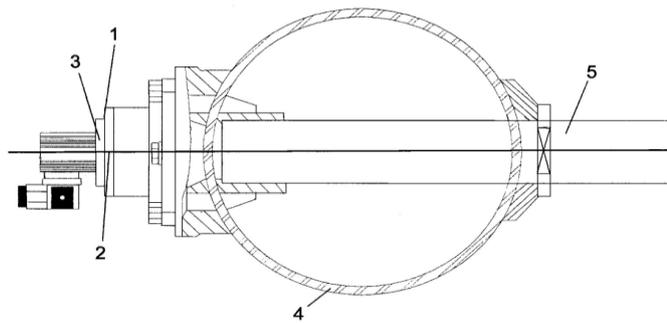


Рисунок 5 – Блок продувки

1 – просверленное отверстие; 2 – камера мембранного клапана; 3 – камера;
4 – камера; 5 – продувочная труба

В комплект каждого блока продувки входят электромагнитные клапаны для подачи сжатого воздуха через отводящие патрубки. Блоки продувки крепятся к верхней части камеры чистого воздуха на специальных кронштейнах. Соединение отводящих патрубков блоков продувки с трубопроводами подачи сжатого воздуха осуществляется напорными рукавами на хомутах. На блоках продувки расположен кабельный лоток и кабели для коммутации системы регенерации. В некоторых случаях могут устанавливаться пилотные блоки для пневматического управления клапанами;

3) Вывод пыли из бункеров осуществляется винтовым транспортером. Винтовой (шнековый) конвейер представляет собой стальной корпус лоткового или цилиндрического типа внутри, которого расположен винт Архимеда. При вращении, движение пыли осуществляется непрерывным винтом. Винт может транспортировать пыль даже под достаточно высоким слоем выше винта;

4) Пылевыгрузное устройство (шлюзовой дозатор) представляет собой вращающийся внутри корпуса ротор с лопастями. Корпус имеет входной и выходной патрубков с фланцем. Пыль из бункера попадает через верхний патрубков и оседает в «карман» между лопастями. При повороте барабана на 180 градусов пыль ссыпается в контейнер через нижний патрубков. За счет плотного прилегания лопастей ротора и малого зазора между торцевыми

стенками ротора и корпуса обеспечивается необходимая герметичность устройства, что крайне важно для систем, работающих под разряжением;

5) Шкаф контроллера состоит из герметичного корпуса, внутри которого имеется контроллер с датчиком дифференциального перепада давления фильтра и подачи управляющих сигналов на катушки клапанов. Контроллер, установленный в шкафу, предназначен для настройки и подачи управляющих сигналов для открытия электрических клапанов, через которые подается кратковременный импульс сжатого воздуха, производящий встряхивание загрязненных рукавов. На контроллере устанавливается продолжительность импульсов и их периодичность. Контроллер имеет встроенный прибор, для измерения разности давлений до и после рукавов, и преобразования величины этой разности в аналоговый сигнал. При достижении этого сигнала определенной величины, соответствующей предельной загрязненности рукавов, контроллер получает команду на подачу сжатого воздуха для встряхивания (очистки) рукавов. Соединение контроллера с точками измерения давления осуществляется посредством гибких импульсных (поливинилхлоридных) трубок диаметром 6 мм, проложенных на внешней стенке корпуса фильтра. Контроллер монтируется на панели в шкафу управления;

л) Тягодутьевые машины:

1) На аспирационной системе V-AC-1 эвакуация запыленного воздуха от укрытий и зонтов аспирационных систем отсоса пыли от узла упаковки готовой продукции в морские контейнера осуществляется 2 вентиляторами типа КХЕ045-106015. Каждый вентилятор обслуживает собственную систему аспирации. Вентиляторы типа КХЕ045-106015 оснащаются электродвигателями типа 1LG4313-4AA90-Z мощностью 132 кВт (число оборотов – 1488 об/мин);

2) На аспирационной системе V-AC-2 эвакуация запыленного воздуха от укрытий и зонтов:

- отсос пыли от линии № 1 вторичного дробления, отсева и фракционирования ФС осуществляется вентилятором типа КХЕ045-106015;

- отсос пыли от линии № 3 вторичного дробления, отсева и фракционирования ФС осуществляется вентилятором типа МХЕ050-071015, который оснащается электродвигателем типа 1LG4310-4AA90-Z мощностью 110 кВт (число оборотов – 1488 об/мин);

- отсос пыли от узла дробления и отсева (малый грохот S2) одиночной линии дробления ФС осуществляется вентилятором типа МХЕ040-063015, который оснащается электродвигателем типа 1LG4280-4AA90-Z мощностью 75 кВт (число оборотов – 1485 об/мин);

- отсос пыли от узла дробления и отсева (малый грохот S2) одиночной линии дробления ФС осуществляется вентилятором типа КХЕ040-125015, который оснащается электродвигателем типа 1LG4313-4AA90-Z мощностью 132 кВт (число оборотов – 1488 об/мин).

3) На аспирационной системе V-АС-3 эвакуация запыленного воздуха от укрытий и зонтов:

- отсос пыли от узла первичного дробления осуществляется вентилятором типа КХЕ040-125015.

- отсоса пыли от узла упаковки готовой продукции в биг-беги осуществляется вентилятором типа МХЕ050-056015, который оснащается электродвигателем типа 1LG4283-4AA90-Z мощностью 90 кВт (число оборотов - 1485 об/мин);

м) Пылеудаление.

1) В нижней части корпуса фильтра RIVT 225-3.0/15-1.5 установлен бункер. Пыль, удаленная с поверхности рукавов падает в бункеры, из которых шнековым конвейером DN 300 перемещается на выгрузочную точку. Из выгрузочной точки при помощи шлюзового питателя пыль выгружается в мягкий контейнер биг-бег, который после наполнения автопогрузчиком перевозится на место складирования. Данные о выполненных

работах отражены ответственным за чистку фильтра RIVT 225-3.0/15-1.5” от пыли в журнале приемки и сдачи смены.

Запыленный воздух очищается от пыли в 26 модулях рукавных фильтров с импульсной регенерацией типа RIVT (Rivaritex) 225-3.0/15-1.5”, выполненных во взрывозащищенном исполнении. Для отсоса запыленного воздуха и его подачи на очистку применяются вентиляторы типа КХЕ различной производительности, а также для отсечки восходящих запыленных потоков применяются нагнетающие вентиляторы типа МХЕ.

Компанией «W.L. Goreand Associates» применены полиэфировые рукава с мембраной из нетканого материала – политетрафторэтилена (PTFE). Скользящая тефлоновая поверхность материала обеспечивает лёгкую очистку фильтровального элемента сжатым воздухом.

Расчёты эффективности работы аспирационных систем показаны в приложении Е.

Формула расчётов следующая [16]:

$$\mathcal{E} = [K_{п_{\text{вых}}} - ГK_{п_{\text{вых}}} / K_{п_{\text{вых}}}] \cdot 100 \quad (1)$$

где \mathcal{E} – эффективность;

$K_{п_{\text{вых}}}$ – концентрация пыли на входе;

$ГK_{п_{\text{вых}}}$ – гарантированная концентрация пыли на выходе

Гарантированная концентрация пыли на выходе является прямым результатом выбранного типа рукава.

3.2.5 Снижение концентрации выделяющегося водорода путем установки датчиков (контроля) водорода типа OLCT100

Из-за повышенного риска образования водорода при воздействии влаги из воздуха на пыль ферросилиция, в цехе необходимо установить датчики содержания водорода, H_2 , расположенных по периметру цеха в наивысших точках для обнаружения любого скопившегося объема этого газа. Датчики соединены попарно с предохранительными спускными клапанами, которые

спускают водород из камер фильтров. У датчиков есть аварийные сигналы (высокий).

Сигнал «высокий уровень водорода» определяется 20 % содержанием водорода от нижнего концентрационного предела взрываемости (4 % по объемному содержанию в воздухе) и приводит в работу соответствующую систему аспирации. Эти датчики работают при отключении систем аспирации. Если системы работают, отсос из камер-укрытий осуществляется непрерывно, и таким образом, нет опасности образования водорода.

Сигнал «критический уровень водорода» определяется 50 % содержанием водорода от нижнего концентрационного предела взрываемости (4 % по объемному содержанию в воздухе) и выдает сигнал световой сигнализации на пульт управления, тем самым приводит в действие предохранительный спускной клапан водорода.

Сигнал «критический уровень водорода» выдает сигнал светозвуковой сигнализации на пульт управления, дополнительно снимается разрешение на работу соответствующей линии дробления (погрузки). После получения сигнала «критический уровень водорода» оператор пылегазоулавливающих установок ЦПФ ставит в известность мастера и энергетика цеха:

- мастер цеха и энергетик цеха обязаны принять меры по прекращению всех работ связанных с ремонтом и обслуживанием оборудования аспирационных установок;

- оповестить людей находящихся в цехе;

- подготовить соответствующую аспирационную установку к включению в работу;

- дать указание оператору пылегазоулавливающих установок на включение соответствующей аспирационной установки.

При невозможности на быстрое включение соответствующей аспирационной установки, мастер цеха дает указание оператору пылегазоулавливающих установок открыть верхние смотровые люки на секциях фильтров.

Согласно ПБ 11-547-03 каждый модуль фильтра оборудован датчиком водорода до взрывной концентрации OLCT100, устанавливаемый на крыше модуля в верхней его точке [17]. Согласно требований к установке датчиков стационарных газосигнализаторов в производственных помещениях газосигнализаторы ДВК (до взрывной концентрации) должны обеспечивать подачу предупреждающего светового и звукового сигналов при концентрации горючих газов (водорода) 20 % и аварийного – при 50 % от нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ).

По ГОСТ 1415-93 «Ферросилиций» (п. 5.5) FeSi с массовой долей кремния 30–90 % выделяет водород. Интенсивность газовыделения возрастает по мере увлажнения и увеличения поверхности частиц сплава в единице массы. Количество водорода в выделяющихся газах больше 92 % по объёму (приложение Б, таблица Б.5). НКПР (нижний концентрационный предел распространения пламени) газа по водороду 4,09 % об. (соответственно первый порог подачи сигнала 20 % = 0,82 % об.; второй порог подачи сигнала 50 % = 2,045 % об.).

Датчики работают совместно с работой системой аспирации следующим образом: когда концентрация водорода внутри закрытой камеры-укрытия достигает уровня (высокий), система аспирации запускается в работу и таким образом, пылевоздушная смесь удаляется. Нежелательно, чтобы во время нормальной работы системы аспирации уровень пыли показывал бы (высокий) или (критический уровень). Все датчики должны быть расположены внутри самой высшей точки крыши, так как это самое ответственное место, где водород может скапливаться естественным образом. Таким образом, как только водород из какого-либо места или камеры-укрытия поступает в определенное рабочее место, это не считается опасностью, и этой концентрацией можно пренебречь.

Для обеспечения взрывопожаробезопасности при дроблении и упаковки ферросилиция в ЦПФ камеры фильтров аспирационных систем оборудованы автоматизированной системой датчиков (контроля) водорода и выпускающими

клапанами. Контроль над аварийными ситуациями осуществляется оператором пылегазоулавливающих установок, для выявления причины возникновения аварийной ситуации, достаточно нажать на сенсорной панели на отображение конкретного узла / прибора. Контроль количества водорода осуществляется непрерывно при включенной и отключенной АС.

При уровне содержания водорода 20 % от нижнего концентрационного предела взрываемости (НКПР 4 % по объемному содержанию в воздухе), открывается отсечной клапан необходимой секции фильтра и включается световой сигнал на сенсорной панели пульта управления оператора пылегазоулавливающих установок, высвечиваются сообщение «Высокий уровень водорода», а также происходит оповещение звуковым сигналом (звонком). При уровне водорода больше 50 % от нижнего концентрационного предела взрываемости (НКПР 4 % по объемному содержанию в воздухе), у оператора высвечивается сообщение «критический уровень водорода».

В случае, когда нет возможности включить аспирационную установку (ремонт вентилятора и т.д.) для проветривания и удаления водорода открываются технологические люки, находящиеся на фильтрах АС.

Расчет количества датчиков водорода произведен по «Методическим указаниям по установке сигнализаторов и газоанализаторов контроля до взрывоопасных и предельно допустимых концентраций химических веществ в воздухе производственных помещений» и на основании «Требований к установке сигнализаторов и газоанализаторов». Нормы для установки датчиков указаны в «Требованиях к установке сигнализаторов и газоанализаторов» [18]. Одно пробоотборное устройство устанавливается каждые 200 м² площади помещения. Т.к. помещение цеха имеет площадь 6192 м², следовательно:

$$N = \frac{S}{n}, \quad (2)$$

где: N – необходимое количество датчиков, шт.;

S – площадь помещения, м²;

n – площадь на 1 пробоотборное устройство.

$N = 6194\text{м}^2 / 200\text{м}^2 = 32$ пробоотборных устройства

В приложении Ж, приведена схема расстановки датчиков водорода (H_2).

3.2.6 Усовершенствование системы понижения влажности воздуха и вывода конденсата с производственного помещения

На отводах трубопровода к каждому фильтру установлена отключающая арматура. Для обеспечения постоянного движения воздуха во избежание образования конденсата и для расправления мягких контейнеров (биг-бегов) предусмотрены концевые участки (радиус $15 \times 2,8$ мм) с отключающим шаровым краном на каждом расчётном участке фильтра аспирационных систем.

Сброс конденсата от компрессора и осушителя через отключающую арматуру и шланги осуществляется по каналам в приямок. Из приямка конденсат насосом Unilift CC5 (Grundfos) $N = 0,24$ кВт, $U = 230$ В (со встроенным поплавковым датчиком) через рукав $D_u = 20$ мм ГОСТ 18698-79 перекачивается в ближайший колодец ливневой канализации.

3.3 Прогнозно-ситуационные исследования на предмет возникновения ЧС

Рассмотрим сценарии, по которым (основное горючее вещество – ферросилиций) масса пыли «m» может участвовать в аварийной ситуации в процессе горения в условиях присутствия мощного источника зажигания, например огневые работы в помещении без принятия надлежащих мер пожарной безопасности или короткого замыкания электропроводки в следствии нарушения изоляции фаз (потеря пластичности, износ и т.п.).

Сценарий 1.

Во взрыве участвует только пыль, отложившаяся на площадках размещения участков одиночной линии дробления, вторичного дробления,

упаковке фракционированного ферросилиция (морские контейнеры и мягкие контейнеры типа «Биг-Бег») и убираемая ежемесячно.

Сценарий 2.

Во взрыве участвует не только пыль по сценарию 1 (т.е. отложившаяся на производственных площадках к концу рабочего дня), но и пыль, образовавшаяся в условиях выгрузки пыли ферросилиция из бункера рукавного фильтра ФРКН-90ВУ-01.

Сценарий 3.

Во взрыве участвует не только пыль по сценарию 2, но и пыль отложившаяся в недоступных местах для уборки: на строительных конструкциях, поверхностях технологического оборудования (в т.ч. воздухопроводах, аспирации), металлоконструкциях, стенах, то есть, пыль убираемая с территории, с которой регламентируется ежемесячная уборка пыли.

В условиях ЦПФ АО «КФ» с учетом сложившихся опасных факторов (наличие источника воспламенения и кислорода воздуха) в воспламенении и горении аэровзвеси пыли ферросилиция рассчитаем количество пыли отложившейся при выполнении регламентированных технологических операций переработки ферросилиция.

Расчет избыточного давления производится по формуле 2 СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [19].

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_v \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_H} \quad (3)$$

где H_T – теплота сгорания, Дж/кг;

ρ_v – плотность воздуха при начальной температуре, кг/м³;

C_p – теплоемкость воздуха, Дж/кг·К;

Z – коэффициент участия взвешенной пыли в горении принимаем равным 0,5 в соответствии с пунктом А.3.1. в СП 12.13130.2009;

K_H – коэффициент, учитывающий не герметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, допускается принимать равным 3;

$V_{св}$ – свободный объем помещения, допускается принимать при отсутствии сведений равным 0,8;

m – масса взвешенной в объеме помещения пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации, кг.

После преобразования формулы 2 с учетом известных коэффициентов получим:

$$\Delta P = 47,1 \cdot \frac{m \cdot H_T}{V_{св}} \quad (4)$$

где H_T – теплота сгорания ферросилиция ФС75 равна 5,94 Мккал/кг или 24,89 МДж/кг;

$V_{св}$ – свободный объем помещения цеха переработки ферросилиция 99302 м³ (124128*0,8);

47,18 – суммарный коэффициент стандартных показателей по формуле А4 СП 12.13130.2009;

m – масса пыли, которая может принять участие во взрыве, кг.

Для производственных площадок обслуживания «условно» занятых технологическим оборудованием можно принять следующие площади на которых в процессе переработки ферросилиция откладывается пыль в количестве 180–220 мг на 1 м² с 1,0 (одной) тонны переработанного ферросилиция в том числе на:

72,0 м² – узел первичного дробления в пролете А-Д, оси колонн 14–15;

750,0 м² – узел вторичного дробления в составе трех линий дробления с узлом дополнительного отсева в пролетах А-Д-К в осях колонн 18–22;

60,0 м² – узел одиночной линии дробления в пролете А-Д в осях колонн 25–34;

190,0 м² – линия упаковки в морские контейнера в пролете А-Д в осях колонн 23–27;

180,0 м² – линия упаковки в мягкие контейнера типа «Биг-Бег» в пролете Д-К в осях колонн 14–18.

Учитывая, что за сутки (работа в 2 смены по 12 часов) перерабатывается 1140 тонн, из них 684 т (60 % ночная смена) и 456 т (40 % дневная смена), то количество пыли при производстве 684 т на площади 1252 м² накопится в количестве 171,736 кг ($1252 \text{ м}^2 \cdot 0,2 \text{ г} \cdot 684 \text{ т}$).

Производственные площади свободные от технологического оборудования размещены в зонах, примыкающим к участкам переработки ферросилиция – узел одиночной линии дробления, узел вторичного дробления и узел первичного дробления. К этим площадям относятся зоны свободные от технологического оборудования:

- 70,0 м² – узел первичного дробления;
- 600,0 м² – узел вторичного дробления с узлом дополнительного отсева;
- 60,0 м² – узел одиночной линии дробления;
- 100,0 м² – линия упаковки в морские контейнера;
- 90,0 м² – линия упаковки в морские контейнера «Биг-Бег».

Размер этой площади (которая убирается ежемесячно) равен 920 м² на этой площади при производстве 684 т накапливается пыли 47,196 кг ($920 \text{ м}^2 \cdot 0,075 \text{ г/м}^2 \cdot 684 \text{ т}$), где 0,075 г/м² отложения пыли с 1,0 (одной) тонны переработанного ферросилиция.

На остальной площади (территория, которая убирается бригадами ежемесячно) размером 4020,0 м² (6192 м² общая площадь за минусом 1252 м² площади занятой технологическим оборудованием и 920 м² площади свободной от технологического оборудования) в условиях суточной переработки ферросилиция (1140 т) и данными о накоплении пыли не более 10 мг на 1 м², с одной тонны перерабатываемого ферросилиция, то количество пыли отложившейся на территории закрепленной за бригадами находится в количестве:

- 45,828 кг – за 1 сутки ($4020,0 \text{ м}^2 \cdot 0,01 \text{ г/м}^2 \cdot 1140$)·1;
- 229,140 кг – за 5 суток ($4020,0 \text{ м}^2 \cdot 0,01 \text{ г/м}^2 \cdot 1140$)·5;
- 458,28 кг – за 10 суток ($4020,0 \text{ м}^2 \cdot 0,01 \text{ г/м}^2 \cdot 1140$)·10;

- 687,42 кг – за 15 суток $(4020,0 \text{ м}^2 \cdot 0,01 \text{ г/м}^2 \cdot 1140) \cdot 15$;

- 1374,84 кг – за месяц $(4020,0 \text{ м}^2 \cdot 0,01 \text{ г/м}^2 \cdot 1140) \cdot 30$.

На площадках в местах труднодоступных для уборки отложившейся наиболее витающей пыли – это поверхности воздуховодов аспирационной системы, металлоконструкций и строительных конструкций, стен и перекрытий, электромостовых кранов (700–800 м²) накапливается следующее количество пыли при условии осаждения 3–5 мг на 1 м² с 1 тонны переработанного ферросилиция:

- 4,56 кг – за 1сутки $(800 \text{ м}^2 \cdot 0,005 \text{ г/м}^2 \cdot 1140) \cdot 1$;

- 45,6 кг – за 5 суток $(800 \text{ м}^2 \cdot 0,005 \text{ г/м}^2 \cdot 1140) \cdot 10$;

- 68,4 кг – за 15 суток $(800 \text{ м}^2 \cdot 0,005 \text{ г/м}^2 \cdot 1140) \cdot 15$;

- 136,8 кг – за месяц $(800 \text{ м}^2 \cdot 0,005 \text{ г/м}^2 \cdot 1140) \cdot 30$.

В условиях выгрузки пыли ферросилиция из рукавного фильтра в конце рабочей смены в мягкие контейнеры типа «Биг-Бег» - выгрузка из накопительного бункера 300 кг выполняется при помощи шнека через шлюзовую питатель в течение 10 мин. После заполнения контейнера вместимостью 1000 кг частично или полностью обслуживающий персонал перекрывает поступление пыли в мягкий контейнер из бункера рукавного фильтра. Учитывая равномерную работу шнекового устройства за 5 сек. за пределы контейнера поступит в помещение 2,5 кг $(300 \text{ кг} / 600 \text{ сек} \cdot 5 \text{ сек})$ пыли ферросилиция.

С учетом полученных данных количества пыли при ежесменной уборки пыли, в условиях уборки территории, за исключением площадей которых пыль убирается ежесменно, на площадях, труднодоступных для уборки пыли произведем расчеты возможных сценариев развития пожароопасных ситуаций с определением категорий по взрывопожарной и пожарной опасности.

Сценарий 1.

Во взрыве участвует только пыль, отложившаяся на площадках обслуживания технологического оборудования и площадках свободных от него. К концу смены количество скопленной пыли составило 218,932 кг

(171,736 + 47,196 кг). Остальная пыль убрана накануне. Следовательно, при сложившихся обстоятельствах общая масса пыли, которая действует во взрыве, принимается равной 218,932, тогда ΔP по формуле равно:

$$\Delta P = 47,18 \cdot (218,932 \cdot 24,89 / 99302,4) = 2,58 \text{ кПа}$$

Сценарий 2.

Во взрыве участвует пыль, отложившаяся по сценарию 1 в количестве 218,932 кг и пыль в количестве 2,5 кг – неорганизованный выброс при загрузке контейнера «Биг-Бег» из рукавного фильтра, то есть общую массу пыли, которая участвует во взрыве принимаем равной 221,432, тогда ΔP по формуле равно:

$$\Delta P = 47,18 \cdot (221,432 \cdot 24,89 / 99302,4) = 2,62 \text{ кПа}$$

Следовательно, к концу смены с учетом уборки накопившейся пыли, согласно сценариям 1 и 2 при условии, что на остальной территории уборка пыли была выполнена, избыточное давление взрыва, равное 2,58-2,62 кПа, что менее нормативного избыточного давления взрыва 5 кПа. Согласно таблице 1 СП 12.13130.2009 помещение относится к категории «В» (пожароопасной) (приложение 3) [19].

Сценарий 3.

Во взрыве участвует вся пыль, скопившаяся в помещении ЦПФ на всех участках переработки ферросилиция.

Во взрыве может участвовать масса пыли равная:

$$479,372 \cdot (229,140 + 229,140 + 28,8).$$

Тогда ΔP по формуле равно:

$$\Delta P = 47,18 \cdot (479,372 \cdot 24,89 / 99302,4) = 5,66 \text{ кПа}$$

Следовательно, в условиях нарушения рекомендаций в течении 5 дней давление взрыва превышает более 5 кПа и согласно таблице помещение будет относиться к категории «Б» (взрывопожароопасной).

Цех переработки ферросилиция АО «КФ» расположен на территории предприятия. Здание ЦПФ представляет собой 2-х пролетное одноэтажное здание. Крыша двухскатная из профлиста. Стены выполнены из профлиста. Общий объем здания ЦПФ 6192 м². Здание цеха разделено противопожарной перегородкой от здания АБК ЦПФ и АБК мастерских. Производственный корпус цеха не отапливается. Технологический процесс дробления, отсева и упаковки ферросилиция сопровождается выделениями пыли. Технологическое оборудование и производственное помещение эксплуатируется второй год.

В месте предварительного складирования готовой продукции (СГП) в результате не квалифицированных действий и нарушения технологического процесса по подготовке газохода к очистке и очистка газохода привела к возникновению пожаровзрывоопасной ситуации, перешедшей в стадию взрыва с последующим пожаром.

4.1 Оценка прямого ущерба

Оценка прямого ущерба представляет собой сумму ущерба, который наносится основным производственным фондам (ОПФ) и оборотным средствам (ОС) [25]:

$$Y_{\text{пр}} = C_{\text{опф}} + C_{\text{ос}} \quad (5)$$

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

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

Ущерб оборотным средствам рассчитаем по формуле:

1 тонна ферросилиция – 78 тыс.руб, в цехе на момент аварии находилось 460 тонн ферросилиция, следовательно:

$$C_{\text{ос}} = 460 \cdot 78000 = 35880000 \text{ тыс. руб.}$$

$$Y_{\text{пр}} = 10838742,367 + 35880000 = 46718742,367 \text{ руб.},$$

Основные фонды производственных предприятий – складывается из материальных и вещественных ценностей производственного и непромышленного назначения, необходимых для выполнения производственными предприятиями своих функций, в нашем случае это производственное, технологическое оборудование, коммунально-энергетические сети и производственное помещение, где произошел пожар [26].

Ущерб основных производственных фондов находим по формуле:

$$C_{\text{опф}} = C_{\text{то}} + C_{\text{кэс}} + C_{\text{з}}, \quad (6)$$

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

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

$C_{\text{з}}$ – ущерб, нанесенный производственному помещению;

$$C_{\text{опф}} = 10606000 + 834,867 + 231907,5 = 10838742,367 \text{ руб.}$$

Ущерб, нанесенный технологическому оборудованию находим по формуле:

$$C_{\text{то}} = \sum G_{\text{то}} C_{\text{то}} = 0,0937 \times 10606000 = 993782,2 \text{ руб.}, \quad (7)$$

где $G_{\text{то}}$ – относительная стоимость при пожаре;

$C_{\text{то}}$ – стоимость технологического оборудования.

Определение относительной стоимости при пожарах, рассчитывается как отношение площади пожара к общей площади помещения объекта [27].

$$G_{\text{то}} = \frac{F_{\text{п}}}{F_{\text{о}}}, \quad (8)$$

где $F_{\text{п}}$ – площадь пожара, определяемая в соответствии с рекомендациями, м^2 ;

$F_{\text{о}}$ – площадь объекта, м^2 .

$$G_{\text{то}} = \frac{580,77}{6192} = 0,0937.$$

$$C_{\text{то.ост.}} = n_{\text{то}} \times C_{\text{то.б.}} = \left(1 - \frac{n_{\text{а.то}} \times T_{\text{то.ф.}}}{100}\right), \quad (9)$$

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

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

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

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

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

$$C_{\text{ТО.ост.}} = 27 \cdot 10606000 \cdot \left(1 - \frac{0,125 \cdot 8}{100}\right) = 283498380 \text{ руб.}$$

$$N_{\text{а.ТО}} = \frac{1}{T_{\text{ТО.ф}}} \times 100, \quad (10)$$

$$N_{\text{а.ТО}} = \frac{1}{8} \times 100 = 12,5 \text{ \%}.$$

Ущерб, нанесенный коммунально-энергетическим сетям (КЭС) находим по формуле [28]:

$$C_{\text{кэс}} = \sum G_{\text{кэс}} C_{\text{кэс.ост.}}, \quad (11)$$

где $G_{\text{кэс}}$ – относительная величина ущерба при пожарах;

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

$$C_{\text{кэс}} = 0,0937 \times 8910 = 834,867 \text{ руб.}$$

Относительная величина ущерба при пожарах определяется, путем соотнесения площади пожара к общей площади помещения объекта, т. е. [29].

$$G_{\text{кэс}} = \frac{F_{\text{п}}}{F_{\text{о}}}, \quad (12)$$

где $G_{\text{кэс}}$ – относительная величина ущерба при пожарах;

$F_{\text{п}}$ – площадь пожара, определяемая в соответствии с рекомендациями, м^2 ;

$F_{\text{о}}$ – площадь объекта, м^2 .

$$G_{\text{кэс}} = \frac{580,77}{6192} = 0,0937.$$

$$C_{\text{кэс.ост.}} = n_{\text{щ}} \times C_{\text{кэс.б}} \left(1 - \frac{N_{\text{а.кэс}} \times T_{\text{кэс.ф}}}{100}\right), \quad (13)$$

$$C_{\text{кэс.ост.}} = 3 \times 3000 \left(1 - \frac{0,125 \times 8}{100}\right) = 8910 \text{ руб.},$$

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

$C_{\text{кэс.б}}$ – балансовая стоимость коммунально-энергетических сетей, руб.;

$n_{\text{щ}}$ – количество эл. щитков подлежащих замене, ед;

$N_{a.кэс}$ – норма амортизации коммунально-энергетических сетей, %;

$T_{кэс.ф}$ – фактический срок эксплуатации коммунально-энергетических сетей, год.

$$N_{a.кэс} = \frac{1}{T_{кэс.ф}} \times 100, \quad (14)$$

$$N_{a.кэс} = \frac{1}{8} \times 100 = 12,5 \%$$

Ущерб, нанесенный производственному помещению находится по формуле [22]:

$$C_з = \sum G_з C_{з.ост} \quad (15)$$

$$C_з = 0,0937 \times 2475000 = 231907,5 \text{руб.}$$

$$C_{з.ост} = C_{з.б.} \left(1 - \frac{N_{a.з.} \times T_{з.ф}}{100} \right) \quad (16)$$

$$C_{з.ост} = 2500000 \left(1 - \frac{0,125 \times 8}{100} \right) = 2475000 \text{руб.},$$

где $G_з$ – относительная величина ущерба, причиненного производственному залу;

$C_{з.ост}$ – остаточная стоимость производственного помещения руб.;

$C_{з.б.}$ – балансовая стоимость производственного помещения в здании, руб.;

$N_{a.з}$ – норма амортизации производственного помещения, %;

$$N_{a.з.} = \frac{1}{T_{з.ф}} \times 100, \quad (17)$$

$$N_{a.з.} = \frac{1}{8} \times 100 = 12,5 \%$$

$$G_з = \frac{F_{п}}{F_{о}}, \quad (18)$$

$$G_з = \frac{580,77}{6192} = 0,0937.$$

где $G_з$ – относительная величина ущерба, причиненного производственному залу;

$F_{п}$ – площадь пожара;

$F_{о}$ – площадь помещения, м².

4.2 Оценка косвенного ущерба

Оценка косвенного ущерба представляет собой сумму средств необходимых для ликвидации пожара и затраты, связанные с восстановлением производственного помещения для дальнейшего его функционирования [30].

Сумму косвенного ущерба находим по формуле:

$$Y_k = C_{ла} + C_B \quad (19)$$

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

C_B – затраты, связанные с восстановлением производства, руб.

$$Y_k = 1369014 + 3202800 = 4571814 \text{ руб.}$$

Средства необходимые для ликвидации ЧС зависят от ее характера и масштабов, определяющих объемы спасательных и других неотложных работ.

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

Средства на ликвидацию аварии (пожара) определяем [31] по формуле:

$$C_{ла} = C_{о.с} + C_m, \quad (20)$$

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

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

$$C_{ла} = 1363230 + 5784 = 1369014 \text{ руб.}$$

Средства затраченные на восстановление производства рассчитаем по формуле:

$$C_B = C_{в.п.} + K \quad (21)$$

$C_{в.п.}$ – затраты, связанные с восстановлением производственного помещения;

K – затраты на реконструкцию более эффективного аспирационного оборудования

$$C_B = 1952800 + 1250000 = 3202800 \text{ тыс. руб}$$

4.3 Расчет параметров тушения пожара по площади порошковыми огнетушащими составами

4.3.1 Рассчитаем площадь тушения пожара по формуле.

$$S_T = 3,14 \times \frac{R_{\Pi}^2}{4}, \quad (22)$$

где R_{Π} – путь пройденный фронтом пламени за время свободного развития пожара (более 10 мин.), следовательно:

$$R_{\Pi} = 0,5 \times V_{\Pi} \times 10 \times V_{\Pi} \times (T_{\text{св}} - 10), \quad (23)$$

где V_{Π} – линейная скорость распространения пожара, принимаем 1,5 м/мин;

$T_{\text{св}}$ – время свободного развития пожара [32].

$$S_T = 3,14 \times \frac{27,2^2}{4} = 580,77 \text{ м}^2/$$

$$R_{\Pi} = 0,5 \times 1,5 \times 10 + 1 \times (13,2 - 10) = 27,2 \text{ м.}$$

4.3.2 Определим требуемый расход порошкового состава для тушения пожара. Для этого необходимо провести расчет по формуле:

$$Q_{\text{ТР}} = S_{\text{пож}} \cdot J_{\text{ТР}}, \quad (24)$$

где $S_{\text{пож}}$ – площадь пожара, 580,77 м²;

$J_{\text{ТР}}$ – требуемая интенсивность подачи порошкового состава для тушения пожара, 0,2 кг/(с×м²).

$$Q_{\text{ТР}} = 580,77 \cdot 0,2 = 116,154 \text{ кг/с.}$$

4.3.3 Определим количество стволов для тушения пожара порошковым составом:

На тушение пожара прибыли пожарные автомобили АП-5000-40 (53215) ПМ 567. Масса вывозимого огнетушащего порошка – 5000 кг. Производительность лафетного ствола – 40 кг/с. Производительность ручного ствола – 5 кг/с.

$$N_{\text{СТВ}} = Q_{\text{ТР}} / q_{\text{СТВ}}, \quad (25)$$

где $Q_{\text{ТР}}$ – требуемый расход порошкового состава для тушения пожара;

$q_{\text{ств}}$ – расход порошкового состава из стволов, 5 кг/с.

$$N_{\text{СТВ}} = 116,154/5 = 24 \text{ ствола}$$

4.3.4 Определим количество отделений для тушения пожара

$$N_{\text{отд}} = N_{\text{ств}}/n_{\text{ств.отд}}, \quad (26)$$

где $N_{\text{ств}}$ – количество стволов для тушения пожара;

$n_{\text{ств.отд}}$ – количество стволов, которое может подать одно отделение,

6 шт.

$$N_{\text{отд}} = 24 / 6 = 4$$

4.3.5 Определим общее количество порошкового состава для тушения пожара

$$W = S_{\text{пож}} \cdot q_{\text{уд}}, \quad (27)$$

где $S_{\text{пож}}$ – площадь пожара, 580,77 м²;

$q_{\text{уд}}$ – удельный расход порошкового состава, кг/м²:

$$q_{\text{уд}} = J_{\text{тр}} \cdot t_{\text{р}}, \quad (28)$$

где $J_{\text{тр}}$ – требуемая интенсивность подачи порошкового состава для тушения пожара, 0,2 кг / (с×м²);

$$t_{\text{р}} = 30 \text{ с.}$$

$$q_{\text{уд}} = 0,2 \cdot 30 = 6 \text{ кг/м}^2.$$

$$W = 580,77 \cdot 6 = 3484,62 \text{ кг/м}^2$$

4.3.6 Определим количество автомобилей порошкового тушения

$$N_{\text{авт}} = W/M_{\text{п}}, \quad (29)$$

где: W – общее количество порошкового состава для тушения пожара;

$M_{\text{п}}$ – количество порошкового состава, вывозимого одним автомобилем порошкового тушения, 5000 кг.

$$N_{\text{авт}} = 3484,62 / 5000 = 0,069 \approx 1.$$

4.3.7 Время свободного развития пожара определяем по формуле

$$T_{св} = T_{д.с} + T_{сб1} + T_{сл} + T_{бр1}, \quad (30)$$

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

$T_{сл}$ – время, сбора личного состава, 2 мин.;

$T_{сб1}$ – время следования первого подразделения от пожарной части (ПЧ) до места вызова, берется из расписания выездов пожарных подразделений, 2,2 мин.;

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

$$T_{св} = 3 + 2,2 + 4 + 4 = 13,2 \text{ мин.}$$

$$T_{сл} = \frac{60 \times L}{V_{сл}}, \quad (31)$$

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

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

$$n = n_{э} \times n_{ПМ}, \quad (32)$$

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

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

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

$$T_{сл} = \frac{60 \times 3}{45} = 4 \text{ мин.}$$

$$N = 3 \times 1 = 3 \text{ чел}$$

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

$$C_m = P_m \times C_m \times L = P_m \times C_m \times (60 \times L/V_{сл}), \quad (33)$$

где C_m – цена за литр топлива, 34,85 руб/л;

P_m – расход топлива, 0,0415л/мин;

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

L – весь путь, 3000 м [24]

$$C_m = 0,0415 \cdot 34,85 \cdot \left(60 \cdot \frac{3000}{45}\right) = 5784 \text{ руб.}$$

4.4 Затраты, связанные с восстановлением производственного помещения определяем по формуле:

$$C_{в.п} = C_{в\backslash\varepsilon} + C_{в\backslash\psi} + C_k + C_c, \quad (34)$$

$$C_{в.п} = 25000 + 1200 + 1860000 = 1952800 \text{ руб.}$$

где $C_{в\backslash\varepsilon}$ – затраты, связанные с монтажом электропроводки;

$C_{в\backslash\psi}$ – затраты, связанные с монтажом электрощитов;

$C_{с.к}$ – затраты, на кровлю и стены из профлиста [16]

4.4.1 Затраты, связанные с монтажом электропроводки находим по формуле

$$C_{в\backslash\varepsilon} = (C_\varepsilon \times V_\varepsilon) + (V_\varepsilon \times R_\varepsilon), \quad (35)$$

$$C_{в\backslash\varepsilon} = (57,50 \times 56) + (56 \times 50) = 6020 \text{ руб.}$$

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

R_ε – расценка за выполнение работ по замене электропроводки 50 руб./м. п.;

V_ε – объем работ необходимый по замене электропроводки, 56 м.п. [33];

Затраты, связанные с монтажом электрощитов находим по формуле:

$$C_{в\backslash\psi} = (C_\psi \times V_\psi) + (V_\psi \times R_\psi), \quad (36)$$

$$C_{в\backslash\psi} = (2500 \times 2) + (2 \times 1300) = 7600 \text{ руб.}$$

где C_ψ – стоимость одного электрощита, 2500 руб/шт

R_ψ – расценка за выполнение работ по замене электрощита 1300 руб/шт.;

V_ψ – количество электрощитов подлежащих замене, 2 шт.;

4.5 Затраты на реконструкцию более эффективного аспирационного оборудования

Цена нового более эффективного рукавного фильтра Rivaritex – 1050 000 руб, на монтаж – 20 % [34].

$$\begin{aligned}\sum K &= K_{\text{обор}} + K_{\text{монтаж}}, \\ \sum K &= 1050000 + 210000 = 1250000 \text{ руб.}\end{aligned}\quad (37)$$

4.6 Социальный ущерб

Ущерб вследствие неблагоприятной экологической обстановки в цехе можно оценить по следующей формуле [35]:

$$Y_{\text{соц}} = Y_V + Y_{\text{б.л.}} + Y_{\text{пенс}}, \quad (38)$$

где $Y_{\text{соц}}$ – ущерб цеха вследствие снижения производительности труда и дополнительных выплат пособий по временной и постоянной нетрудоспособности работников цеха в связи с их проф. заболеваниями;

Y_V – снижение выпуска продукции из-за временной нетрудоспособности работников;

$Y_{\text{б.л.}}$ – выплаты по больничным листам в связи с временной нетрудоспособностью;

$Y_{\text{пенс}}$ – выплаты пенсий в связи с досрочным выходом на пенсию по болезни.

В свою очередь

$$Y_V = V_{\text{см}} \cdot \sum(t_i \cdot K_i \cdot Ч_{\text{ср.сп.}}), \quad (39)$$

где $V_{\text{см}}$ – средняя выручка цеха за смену на 1 работающего;

t_i – средняя продолжительность болезни по i -му проф. заболеванию от общего числа работников;

K_i – коэффициент, учитывающий процент заболевших i -м заболеванием от общего числа работников;

$Ч_{\text{ср.сп.}}$ – среднесписочная численность работников цеха.

$$Y_{б.л.} = 3П_{см} \cdot \sum(t_i \cdot K_i \cdot Ч_{ср.сп.}), \quad (40)$$

где $3П_{см}$ – средняя заработная плата одного работающего за смену.

$$Y_{пенс} = B_{мес} \cdot 12 \cdot Ч_{ср.сп.} \cdot K_i \cdot K_{пенс}, \quad (41)$$

где $B_{мес}$ – средняя пенсия в месяц одного пенсионера;

$K_{пенс}$ – коэффициент, учитывающий процент работников, выходящих досрочно на пенсию в связи с i -м проф. заболеванием от числа больных этим заболеванием [36].

Определить социальный эффект от установки системы газоочистки на рабочем месте, в результате чего произойдет снижение профессиональных заболеваний на 1 %.

Среднесписочная численность работников цеха $Ч_{ср.сп.} = 340$ чел.

Количество заболеваний в процентах от $Ч_{ср.сп.}$ и длительность заболевания в календарных днях разных заболеваний равны:

- заболевания верхних дыхательных путей – 5%, $t_{д.п.} = 7$ дн.;

- заболевание легких – 3%, $t_{л.} = 21$ дн.;

- заболевание органов пищеварения – 2%, $t_{о.п.} = 15$ дн.

Производительность труда по цеху за рабочую смену составляет:

$V_{см} = 3,5$ тыс. руб./чел. см.

среднесписочная зарплата одного работника – 25 тыс. руб./чел. мес.;

средняя пенсия – 15 тыс. руб./чел. мес.

Досрочно на пенсию по болезни уходят 1 % от числа заболеваний верхних дыхательных и легких [37].

Ущерб вследствие неблагоприятной экологической обстановки на цеху до внедрения системы газоочистки:

$$Y_{соц} = Y_V + Y_{б.л.} + Y_{пенс}, \quad (42)$$

$$Y_V = V_{см} \cdot \sum(t_i \cdot K_i \cdot Ч_{ср.сп.}) \cdot n_i = 1 \cdot K_{раб},$$

где n – количество разновидностей проф. Заболеваний;

$K_{раб}$ – коэффициент перевода календарных дней в рабочие

$$K_{раб} = 21/30 = 0,7.$$

V_{cm} – производительность труда по цеху;

t_i – средняя продолжительность болезни по i – му проф. заболеванием от общего числа работников;

K_i – коэффициент, учитывающий процент заболевших i -м заболеванием от общего числа работников;

$Ч_{cp.сп.}$ – среднесписочная численность работников цеха.

$$Y_V = 3,5 \cdot 140 \cdot (0,05 \cdot 7 + 0,03 \cdot 21 + 0,02 \cdot 340) \cdot 0,7 = 2668,54 \text{ тыс. руб./год.}$$

$$Y_V = 3\Pi_{cm} \cdot \sum (t_i \cdot K_i / Ч_{cp.сп.}) \cdot K_{раб} \quad (43)$$

$$Y_V = \frac{25}{21} \cdot 140 \cdot (0,05 \cdot 7 + 0,03 \cdot 21 + 0,02 \cdot 15) \cdot 0,7 = 149,33 \text{ тыс. руб./год}$$

$$Y_{пенс} = 10 \cdot 12 \cdot 340 \cdot 0,01 \cdot (0,05 + 0,03) = 32,64 \text{ тыс. руб./год.}$$

$$Y_{соц} = 2668,54 + 149,33 + 32,64 = 2850,51 \text{ тыс. руб./год.}$$

Ущерб после внедрения системы рукавного фильтра:

$$Y' = Y'_V + Y'_{б.л.} + Y'_{пенс} \quad (44)$$

$$Y'_V = 3,5 \cdot 340 \cdot (0,04 \cdot 7 + 0,02 \cdot 21 + 0,01 \cdot 15) \cdot 0,7 = 708,05 \text{ тыс. руб./год;}$$

$$Y'_{б.л.} = \frac{5}{21} \cdot 340 \cdot (0,04 \cdot 7 + 0,02 \cdot 21 + 0,01 \cdot 15) \cdot 0,7 = 48,16 \text{ тыс. руб./год;}$$

$$Y' = 708,05 + 48,16 = 756,21 \text{ тыс. руб./год.}$$

Социальный эффект от установки системы рукавного фильтра или предотвращенный социальный ущерб [38]:

$$\Delta Y = 2850,51 - 756,21 = 2094,3 \text{ тыс. руб./год.}$$

$$\text{или } \Delta Y = \Delta Y_V + \Delta Y_{б.л.} + \Delta Y_{пенс.}$$

$$\Delta Y = (3,5 + 5/21) \cdot 340 \cdot 0,7 \cdot 0,01 \cdot (7 + 21 + 15) + 10 \cdot 12 \cdot 0,01 \cdot 340 \cdot (0,05 + 0,03) = 415,19 \text{ тыс. руб./год}$$

Основные показатели расчетов по разделу указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Основные расчеты по разделу

Наименование	Стоимость/руб.
1. Полный ущерб	51 290 556 руб.
2. Оценка прямого ущерба	46 718 742 руб.

Продолжение таблицы 3

3. Ущерб основных производственных фондов	10 838 742 руб
4. Ущерб нанесенный технологическому оборудованию	993 782 руб.
5. Ущерб, нанесенный производственному помещению	231 907 руб.
6. Ущерб, нанесенный коммунально-энергетическим сетям	834,867 руб.
7. Оценка косвенного ущерба	4 571 814 руб
8. Средства, необходимые для ликвидации ЧС	1369014 руб.
9. Расход на огнетушащие средства	1363230 руб.
10. Затраты на восстановление производства	3202800 руб.
11. Затраты, связанные с восстановлением производственного помещения	1952800 руб.
12. Затраты на реконструкцию аспирационного оборудования	1250000 руб.
13. Ущерб вследствие неблагоприятной экологической обстановки на цеху до внедрения системы газоочистки	2850 руб/год
14. Социальный эффект от установки системы рукавного фильтра или предотвращенный социальный ущерб:	415,19 руб/год

Вывод: Себестоимость установки более эффективного аспирационного оборудования в цехе переработки ферросилиция АО «Кузнецкие ферросплавы» составила 1250000 рублей. Из анализа структуры себестоимости видно, что наибольший удельный вес составляют затраты на восстановление производства.

В данном проекте рассматривалась совершенствованная система газопылеочистки, расчет социального эффекта показал, что внедрение установки обеспыливания позволяет экономить ежегодно на социальный ущерб. В результате, данная газопылеочистная установка уменьшает социальный ущерб на 415,19 тыс. руб., снижая заболеваемость, нетрудоспособность и повышает работоспособность сотрудников, в том числе рост выпуска продукции.

5 Социальная ответственность

5.1 Анализ рабочего места слесаря-ремонтника энергослужбы

Предметом исследования является рабочее место слесаря-ремонтника энергослужбы обслуживающего аспирационную систему ЦПФ АО «КФ».

В обязанности слесаря-ремонтника энергослужбы входит:

- ежесменный обход аспирационного оборудования;
- ремонтные работы насосов, компрессоров, текущие ремонтные работы;
- замена фильтров;
- устранение свищей в воздуховоде.

При обслуживании аспирационной системы слесарь-ремонтник подвергается воздействию вредных и опасных факторов.

На данном рабочем месте на слесаря-ремонтника воздействуют следующие вредные и опасные факторы:

- шума;
- микроклимат;
- освещенность;
- аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД).
- тяжесть труд.

График работы 8 часовой, среднее количество рабочих смен в год –248.

Инструменты используемые в работе:

- молотки, кувалды;
- ручной инструмент.

Оборудование:

- насосы;
- компрессоры;
- наждачный станок.

5.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Анализ опасных и вредных факторов, микроклимата, производственного освещения, уровня шума и вибрации, включает в себя производственный контроль. Производственный контроль проводит лабораторные исследования и испытания факторов производственной среды.

Для безопасности персонала регулярно проводится производственный контроль зданий предприятия.

Таблица 4 – Вредные и опасные факторы на рабочем месте слесаря-ремонтника (энергетической службы)

Наим.исследования	Место располож. точек замеров	Точка замеров	Результат измерения	Нормативы, СанПиН, ГОСТ, СН
Эквивалентный уровень шума	р.м. слесаря-ремонтника (Энергетической службы)	На уровне слуха,	80 дБ ПДУ 80 дБ	СанПиН № 2.2.4.3359-16
Микроклимат в летний период	р.м. слесаря-ремонтника категория работ по энерго-тратам II-Б	Стоя, 1,5м (0,1м) от пола	Температура 20,1 °С Влажность 51 % Скорость движения воздуха 0,21 Температура 19,9 °С Влажность 56 % Скорость движения воздуха 0,23 ПДУ 15-22 °С, Влажность ПДУ 15-75 %, скорость ПДУ не более 0,5	СанПиН № 2.2.4.3359-16

Продолжение таблицы 4

Микроклимат в зимний период	р.м. слесаря-ремонтника категория работ по энерго-тратам П-Б	Стоя, 1,5м (0,1м) от пола	Температура не отапливаемого помещения - 15,5 °С ПДУ (минус 20,9°С) Температура не отапливаемого помещения минус 16 °С	СанПиН № 2.2.4.3359-16
Освещенность рабочей поверхности	р.м. слесаря-ремонтника	Рабочая поверхность	Разряд зрительных работ VI ПДУ 200люкс Коэффициент пульсации 5 %. светильник РСП. лампы ГРЛ-1000 Высота подвеса 10 м	СП 52.13330-2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
аэрозоль преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	р.м. слесаря-ремонтника	Зона дыхания	2.5 мг/м ³ . ПДК 2мг/м ³	ГОСТ 12-1-005-88

5.2.1 Влияние выявленных вредных и опасных производственных факторов на организм

Производственный шум.

Производственный шум вызывает профессиональную тугоухость, а иногда и глухоту. Чаще слух изменяется под воздействием высокочастотного шума. Однако и низко- и среднечастотный шум большой интенсивности также ведет к нарушению слуха. Механизм нарушения слуха заключается в развитии атрофических процессов в нервных окончаниях кортиева органа.

Профессиональная потеря слуха развивается медленно и постепенно прогрессирует с возрастом и стажем. Показательно, что в первое время у рабочих шумных профессий снижение слуха адаптационное, временное. Однако постепенно в связи с атрофическими процессами в кортиевоом органе снижается слух сначала на высокие частоты, а затем и на средние и низкие (кохлеарный неврит). Рабочие шумных профессии в первые годы работы часто субъективно не ощущают нарушения слуха и лишь когда процесс становится разлитым, начинают жаловаться на снижение слуха. В связи этом главным методом ранней диагностики и нарушения слуховой чувствительности у рабочих шумных профессий является аудиометрия [39].

Микроклимат.

Микроклимат – это искусственно создаваемые климатические условия в закрытых помещениях для защиты от неблагоприятных внешних воздействий и создания зоны комфорта.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха, температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Воздействие неблагоприятного микроклимата, как охлаждающего, так и нагревающего, оказывает вредное влияние на организм, способствуя ухудшению самочувствия, понижению работоспособности и нарушению здоровья [40].

Освещенность.

Недостаточная освещенность вызывает усталость и заболевание глаз, а также нередко приводит к травмам. Плохое освещение производственной зоны может привести к ухудшению качества выполняемых работ, например, могут остаться незамеченными разрывы, появившиеся потертости, утечка топлива и масел, что, в свою очередь, приводит к снижению безопасности труда [41].

Аэрозоль преимущественно фиброгенного действия (АПФД).

Вдыхание работником аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) является причиной ряда профессиональных заболеваний органов дыхания (пылевой бронхит, пневмокониозы, рак легких и др.) [42].

5.2.2 Сравнительный анализ результатов фактических замеров вредных и опасных факторов с нормативными значениями

При фактических замерах вредных и опасных факторов было выявлено:

Эквивалентный уровень шума:

- 80 дБ – соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям [39]

Микроклимат в летний период:

- Стоя, 1,5 м – Температура 20,1 °С; Влажность 51 %; Скорость движения воздуха 0,21;

- (0,1 м) от пола – Температура 19,9 °С; Влажность 56 %; Скорость движения воздуха 0,23;

ПДУ 15-22 °С, Влажность ПДУ 15-75 %, скорость движения воздуха ПДУ не более 0,5 – соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям [40].

Микроклимат в зимний период:

- температура не отапливаемого помещения

Стоя, 1,5 м – минус 15,5 °С; ПДУ (минус 20,9 °С);

(0,1 м) от пола – минус 16 °С - соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям [40]

Освещенность рабочей поверхности:

- разряд зрительных работ VI; ПДУ 200 люкс; Коэффициент пульсации 5 %; светильник РСП; лампы ГРЛ-1000; Высота подвеса 10 м – соответствует [41].

Аэрозоль преимущественно фиброгенного действия – 2,5 мг/м³, ПДК 2 мг/м³ – не соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям [42].

5.2.3 Расчет пылевой нагрузки на весь период контакта с АПФД.

Дополнительным показателем оценки степени воздействия АПФД на органы дыхания работающих является пылевая нагрузка за весь период реального или предполагаемого контакта с фактором. В случае превышения среднесменной ПДК фиброгенной пыли расчет пылевой нагрузки обязателен. Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работающего – это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с фактором [43].

ПН на органы дыхания рабочего (или группы рабочих, если они выполняют аналогичную работу в одинаковых условиях) рассчитывается, исходя из фактических среднесменных концентраций АПФД в воздухе рабочей зоны, объема легочной вентиляции (зависящего от тяжести труда) и продолжительности контакта с пылью:

$$ПН = K \cdot N \cdot T \cdot Q \quad (45)$$

где K – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/куб. м; (2,5 мг/м³)

N – число рабочих смен в календарном году;

T – количество лет контакта с АПФД;

Q – объем легочной вентиляции за смену, куб. м.

Пылевую нагрузку можно рассчитать за любой период работы в контакте с пылью для получения фактической или прогностической величины.

Примечание – Рекомендуется использование следующих усредненных величин объемов легочной вентиляции, которые зависят от уровня энергозатрат и, соответственно, категорий работ (согласно СанПиН 2.2.4.548-96) [44]:

- категория Ia-Iб объем легочной вентиляции за смену 4 куб.м;

- категория Ia-Пб- 7 куб. м;
- категория III-10 куб. м.

Слесарь-ремонтник энергослужбы проработал 1 год в условиях воздействия пыли ферросилиция. Категория работ – Пб (объём лёгочной вентиляции равен 7м^3). Среднесменная ПДК данной пыли – $2,5\text{ мг/м}^3$. Среднее количество рабочих смен в год – 248. Проведем расчет пылевой нагрузки за этот период времени:

$$\text{ПН} = 2,5 \cdot 248 \cdot 1 \cdot 7 = 4322,5 \text{ мг}$$

Рассчитаем годовую предельно допустимую пылевую нагрузку:

$$\text{ПН} = 2 \cdot 248 \cdot 1 \cdot 7 = 3472 \text{ мг}$$

Следовательно, фактическое значение ПН превышает нормативно-допустимые значения на $850,5\text{ мг}$ [45].

5.3 Способы и методы, применяемые для защиты от вредных и опасных производственных факторов

Одним из методов защиты от вредных и опасных производственных факторов применяемых на предприятии, являются средства индивидуальной защиты.

Таблица 5 – Обеспечение СИЗ слесаря-ремонтника

Наименование спец.одежды, спец.обуви и других СИЗ	Норма выдачи на год (шт., пары)	Примечание	Согласовано с ППО «КФ»
Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий	1	-	-
Костюм для защиты от воды	1	-	-
Костюм утепленный	1 на 2 года	-	-
Ботинки кожаные с защитным подноском	1 пара	Термостойкая, безгвоздевая подошва	Согласовано с ППО «КФ»

Продолжение таблицы 5

Сапоги резиновые с защитным подноском	1 пара	-	-
Белье нательное	2 комплекта	-	Согласовано с ППО «КФ»
Перчатки с полимерным покрытием	6 пар	-	Согласовано с ППО «КФ»
Перчатки маслостойкие	6 пар	-	Согласовано с ППО «КФ»
Каска защитная	1 на 3 года	-	-
Подшлемник под каску	1	-	-
Очки защитные	1	очки закрыты защитные с прямой вентиляцией	Согласовано с ППО «КФ»
Вкладыши противозвучные	до износа	Беруши (многоцветные) 11 шт. на 1 год	Согласовано с ППО «КФ»
Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) противозвучное	до износа	(рекомендуемый тип: Респиратор Алина П FFP2D (с клапаном) 1 шт на 2 смены	Согласовано с ППО «КФ»
Перчатки трикотажные с точечным покрытием	6 пар	-	Согласовано с ППО «КФ»
Рукавицы для защиты рук	6 пар	Рукавицы х/б с брезентовым наладонником	Согласовано с ППО «КФ»
Зимой при работе в неотапливаемых помещениях, а также на наружных работах дополнительно:			
Белье нательное утепленное	2 комплекта	-	Согласовано с ППО «КФ»
Валенки с резиновым низом	1 на 2,5 года	-	Согласовано с ППО «КФ»
Рукавицы утепленные	3 пары	-	Согласовано с ППО «КФ»
Жилет сигнальный (2 класса защиты)	2	-	Согласовано с ППО «КФ»

Мероприятия по снижению воздействия вредных химических факторов и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия можно объединить в следующие основные группы:

- оборудование рабочих мест вентиляционными системами и установками;
- приобретение и установка систем пылеподавления и пылеудаления;

- модернизация существующих и разработка новых технологических процессов и производственного оборудования;
- паспортизация и ремонт вентиляционных установок;
- использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) органов дыхания [46].

5.4 Охрана окружающей среды

Современное металлургическое предприятие по производству черных металлов, являются источниками загрязнения атмосферы и водоемов. Кроме того, металлургические предприятия занимают большие производственные площади и отвалы, что предполагает отчуждение земель. Концентрация вредных веществ в атмосфере и водной среде крупных металлургических центров значительно превышают нормы.

Вокруг металлургических предприятий образуются техногенные зоны, во всех поверхностных образованиях которых (почве, снеге, воде, растительности) содержится широкий набор вредных веществ [47].

На АО «КФ» в ЦПФ установлены следующие пылеуловители:

- рукавные фильтры ФРКН-90ВУ. Степень очистки – 91 %;
- циклоны ЦН-15-700. Степень очистки – 84 %;
- рукавный фильтр карманный с импульсной продувкой INFA-LAMELEN AJL 2/1083. Степень очистки – 96 %.

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятная ЧС в ЦПФ, это возникновение возгорания пыли ферросилиция с переходом во взрыв.

Во избежание пожаровзрывоопасной ситуации необходимо:

- не допускать увлажнения ферросилиция. Содержание влаги не должно превышать 1,0 % по массе (снег, лед, вода и т.п.);

- на участке первичного дробления слитков ферросилиция (гидромолот) бортовая система пылеподавления (пуш-пул) с организацией одновременного удаления образующегося пылевого потока. Предусмотреть организацию плавной, а не залповой выгрузки слитков ФС на колосниковую решётку бункера;

- существующие сплошные полы площадок обслуживания технологического оборудования заменить на просечные (решётчатые), что исключит скапливание пыли, просыпей и их «протекание» на нулевую отметку и обеспечивает эффективную уборку отложившейся пыли и просыпей;

- герметичные укрытия щековой дробилки, узлов отсева и упаковки ферросилиция. Каждое укрытие оборудуется «свечой» для сброса (особенно из «мёртвых» зон укрытия) горючих газов в атмосферу цеха. Конструкция свечи предусматривает сброс горючих газов через «свечу» при неработающей аспирации. В условиях работы аспирации клапан автоматически закрывается за счёт разряжения создаваемого в укрытии;

- мягкие специализированные контейнеры «биг-беги» типа «МКР четырёхслойные» заменить на контейнеры из капроновой ткани, выдерживающие температуру минус 60 °С;

- ежедневная уборка пыли;

- генеральная («тотальная») уборка пыли на всей территории помещения ЦПФ с учётом не только на площадках обслуживания технологического оборудования и площадках свободных от оборудования, но и в труднодоступных и недоступных местах следует выполнять не позднее 4–5 суток при условии переработки 1140 т. ферросилиция в сутки;

- оперативный контроль за запыленностью воздуха в рабочей зоне проводится 1 раз в месяц.

5.6 Заключение по разделу социальная ответственность

При разработке данного раздела учитывались требования закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» – мероприятия, обеспечивающие соблюдение требований охраны труда и промбезопасности [48].

Проведен анализ рабочего места в ЦПФ на наличие вредных и опасных производственных факторов, влияющие на работника.

Внимание необходимо уделить вредному фактору имеющему превышение содержания ПДК в воздухе рабочей зоны слесаря-ремонтника энергослужбы. По проведенным расчетам, можно сделать вывод, что годовая предельно допустимая нагрузка по аэрозолям преимущественно фиброгенного действия превышена на 850,5 мг. Для повышения безопасности труда на предприятии разработаны меры и способы защиты от пыли.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работе:

- проведен аналитический обзор литературы по проблеме обеспечения пожаровзрывозащиты на металлургических предприятиях Р.Ф. Дано полное представление об объекте исследования на основе технической документации АО «Кузнецкие ферросплавы»;

- разработана система пожаровзрывозащиты в ЦПФ;

- проведена оценка прямого и косвенного ущерба, проведено сравнение с оценкой на модернизацию эффективного аспирационного оборудования, проведен анализ по вредным и опасным производственным факторам.

В результате выполнения поставленных задач, была достигнута главная цель – представлена усовершенствованная аспирационная система цеха переработки ферросплавов.

Усовершенствованная аспирационная система, имеет преимущества по сравнению с действующей, по следующим параметрам:

- установленный программируемый логический контроллер решает следующие технические задачи системы аспирации цеха:

- обеспечивает пылеудаления от каждого местного отсоса или вытяжного зонта;

- контролирует перепад давления на фильтрах с помощью регулярной очистки ткани фильтра методом импульсной регенерации;

- снижает используемый объем сжатого воздуха посредством внедрения системы «умной» очистки («Смарт Клининг»);

- ведет контроль уровня пыли в бункерах сбора пыли посредством непрерывной их разгрузки.

- установленные рукавные фильтры с импульсной регенерацией типа RIVT (Rivaritex) 225-3.0/15-1.5” имеют скользкую тефлоновую поверхность

материала, обеспечивающую лёгкую очистку фильтровального элемента сжатым воздухом. Работа системы регенерации методом импульсной продувки рукавных фильтров VT 225-3.0/15-1.5" обеспечивается подачей сжатого воздуха от более мощного компрессора Sierra SL90 с осушителем.

- по периметру цеха в наивысших точках для обнаружения любого скопившегося объема водорода установлены датчики (контроля) водорода типа OLCT100;

- усовершенствована система понижения влажности воздуха. Осуществляется сброс конденсата от компрессора и осушителя через отключающую арматуру и шланги по каналам в приямок. Из приямка конденсат насосом Unilift CC5 (Grundfos) через рукав перекачивается в ближайший колодец ливневой канализации

Возникновение пожаровзрывоопасной ситуации при переработке ферросилиция марок ФС65 и ФС75 гарантируется при одновременном действии 3-х факторов: наличие горючего вещества, достаточного количества кислорода и источника воспламенения достаточной мощности, вызывающего реакцию горения. Отсутствие одного из указанных факторов обеспечивает пожаровзрывобезопасность технологии переработки.

Список использованных источников

1. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справочник. – М.: Metallurgy, 1986. - с. 340.
2. Акинин Н.И. Анализ причин аварий и травматизма на опасных производственных объектах. – М.: Metallurg, 2004. – с. 23–25.
3. Иванков Д.И. Анализ работы циклонов для пылеулавливания. / Р.Д. Гритчин, А.Н. Тюрин. – М.: Молодой ученый, 2016. - с. 165-168.
4. ГОСТ 12.4.009-83. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. – М.: Издательство стандартов, 2008. – с. 18.
5. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: Учебное пособие / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – с. 108.
6. ГОСТ 12.0.002-2014. Система стандартов безопасности. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 2007. – с. 24.
7. Сборник руководящих документов Государственной Противопожарной Службы, ГУГПС МВД России [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001118>. дата обращения 13.01.2017 г.
8. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Издательство стандартов, 2006. – с. 20.
9. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон РФ от 22.01.2008 г. № 123-ФЗ [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644>. дата обращения 13.01.2017 г.

10. Шилова В.Е. Система пожаротушения. / В.Е. Шилова. – М.: Издательство: Пожарная наука, 2013.- с. 167
11. ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 1993. – с. 18.
12. Совершенствование методики оценки риска возникновения аварийных ситуаций предприятий черной металлургии / М.Г. Бикмухаметов, В.Д. Черчинцев. М.Г. Сулейманов // Металлург. – 2004. – № 4. – с. 41–42.
13. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» Федеральный закон РФ от 21.07.1997 № 116-ФЗ [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058>. дата обращения 13.01.2017 г.
14. Некрасов А.В., Каргашилов Д.В. Пожарная безопасность, проблемы и перспективы / А.В. Некрасов, Д.В. Каргашилов // Сборник статей по материалам IV всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Москва, 2010. –с. 13
15. Исследование условий восстановления цехов металлургического комбината, получивших повреждения: [Электронный ресурс] / КиберЛенинка: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://www.jurnal.org/articles/2011/bezopas3.htm>. дата обращения 25.01.2017 г.
16. Экономика безопасности труда: учебно-методическое пособие для студентов вузов / А.С. Мустафина. – М.: Высшая школа, - 2005. – с. 72.
17. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – М.: Издательство стандартов, 1998. – с. 16.
18. СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления». – М.: Издательство стандартов, 1998. – с. 26.
19. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 326 (ред. от 13.08.2016) «Об утверждении государственной программы Российской

Федерации «Охрана окружающей среды» на 2012-2020 годы». [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499091755>. дата обращения 13.03.2017 г.

20. Паспорт подпрограммы 1 «Регулирование качества окружающей среды» государственной программы РФ «Охрана окружающей среды» на 2012-2020 годы [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499091755>. дата обращения 13.03.2017 г.

21. Аханченко А.Г. Пожарная безопасность в черной металлургии. – М.: Металлургия, – 2001. – с. 133.

22. Брушлинский, Н.Н. О рисках и управлении безопасностью систем / Н.Н. Брушлинский. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ. – 2002. - № 4 – с. 10.

23. Бухгалтерский учет объектов пожарной безопасности в учреждении [Электронный ресурс] / КиберЛенинка: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <https://www.referent.ru/40/9783>. дата обращения 13.03.2017 г.

24. Гуреев М.В. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за 2010 год / М.В. Гуреев // Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуациях МЧС России. – Москва 2011 г. – с. 297.

25. Проблемы определения экономического ущерба от пожара // Научное сообщество студентов XXI столетия [Электронный ресурс] / КиберЛенинка: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskiy-uscherb-ot-vzryvov-i-sredstva-ego-predotvrascheniya>.

26. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учеб. пособие / Ю.А. Кошмаров – М.: Академия ГПС МВД РФ, 2000. – с. 159.

27. Микеев А.К. Пожар: социальные, экономические и экологические проблемы / А.К. Микеев. – М.: Пожнаука, 1994. – с. 389.
28. Солонский И.И. Правовое регулирование надзорной деятельности по обеспечению пожарной безопасности в организациях и учреждениях с массовым пребыванием людей: проблемы, уроки и выводы / И.И. Солонский. – М.: Пожарная наука. 2013. – с. 21.
29. Разработка справочных материалов по устойчивости оборудования металлургических предприятий: Отчеты о НИР / Институт черной металлургии. – Днепропетровск. – 2004.
30. Разработка типовых сценариев аварий и идентификация опасностей на металлургическом комбинате [Электронный ресурс] / КиберЛенинка: URL: <http://www.jurnal.org/articles/2011/bezopas3.htm>.
31. Смирнов Н.В. Пожарная безопасность в проектах предприятий черной металлургии / Н.В. Смирнов, В.Д. Жерновский, Л.М. Коган. – М.: Металлургия, – 2005. – с. 166.
32. Справочник Производство ферросилиция / Ю.П. Снитко, С.С. Жилияков, Г.А. Чашин, В.Ф. Гуменный, В.Ф. Сорокин, Ю.П. Канаев, Э.И. Шкрабов, М.М. Долин. – Новокузнецк: Металлургическое предприятие, 2001 – с. 342–344.
33. Сысоев А.А. Травматизм и аварийность в металлургии / А.А. Сысоев, В.Ф. Мартынюк. – М.: Металлург, – 2004. – с. 32.
34. Эксплуатация рукавных фильтров на заводах черной металлургии / Черная металлургия: Учебное пособие / В.И. Казюта, С.Б. Старк; Бюллетень научно-технической информации Выпуск 7. Высшая школа. – 1988. – с. 15–30.
35. ГОСТ 12.1.041-83. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования» - М.: Издательство стандартов, – 1999. – с. 22..
36. ГОСТ 1415-93 (ИСО 5445-80). Ферросилиций. Технические требования и условия поставки. – М.: Издательство стандартов, 2000. – с. 16.

37. РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012878>. дата обращения 13.03.2017 г.

38. СНиП 23-05-95 «Свод правил естественное и искусственное освещение» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902268760>. дата обращения 15.04.2017 г.

39. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948>. дата обращения 15.04.2017 г.

40. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902065388>. дата обращения 15.04.2017 г.

41. СП 3.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145>. дата обращения 15.04.2017 г.

42. Приказ МЧС РФ от 18.06.2003 № 314 «Об утверждении норм пожарной безопасности «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032102>. дата обращения 15.04.2017 г.

43. Приказ МЧС РФ от 18.06.2003 № 315 «Об утверждении норм пожарной безопасности «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901866575>. дата обращения 15.04.2017 г.

44. Приказ МЧС РФ от 25.03.2009 № 182 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071156>. дата обращения 15.04.2017 г.

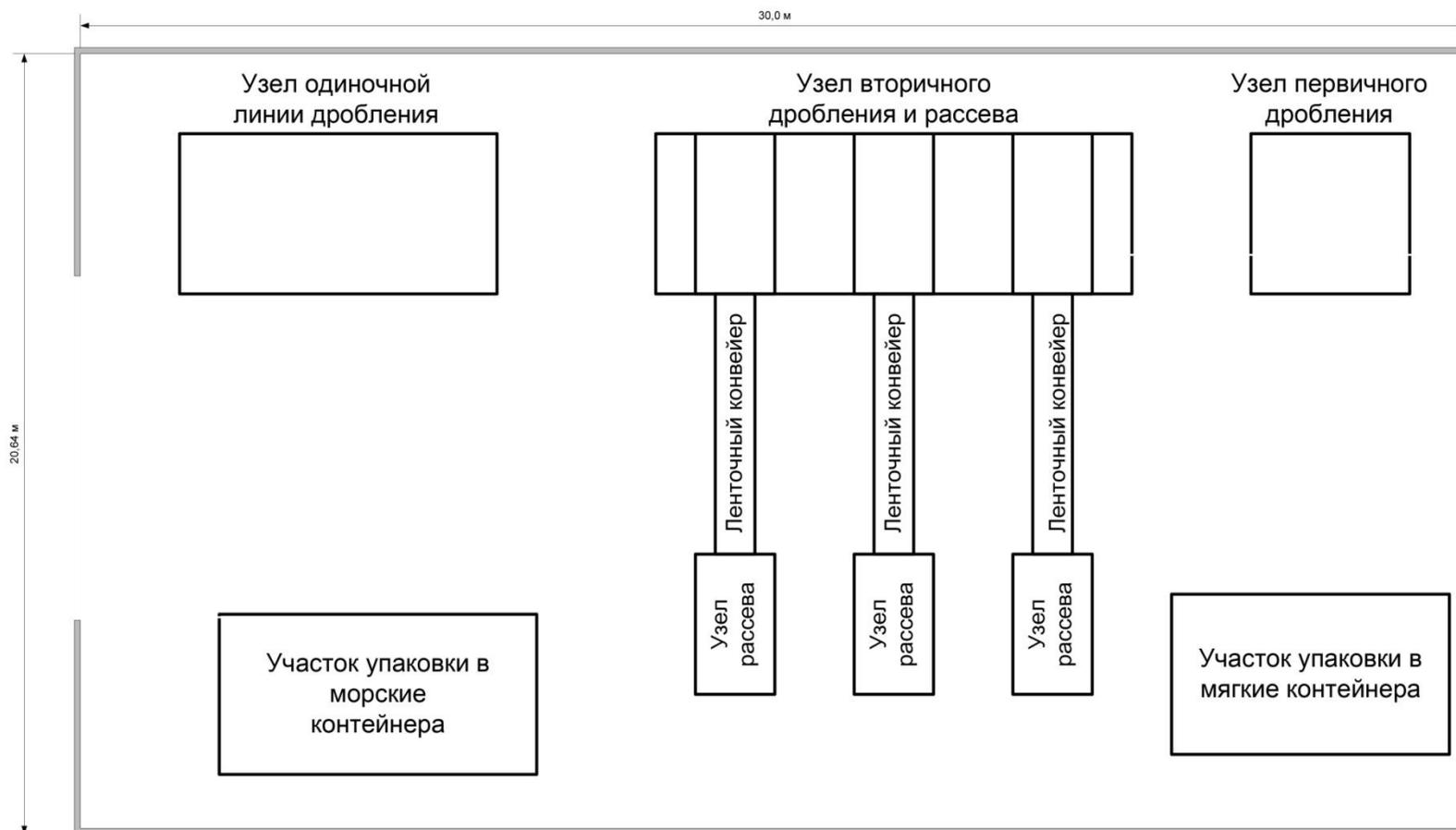
45. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901808297>. дата обращения 15.04.2017 г.

46. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901729631>. дата обращения 15.04.2017 г.

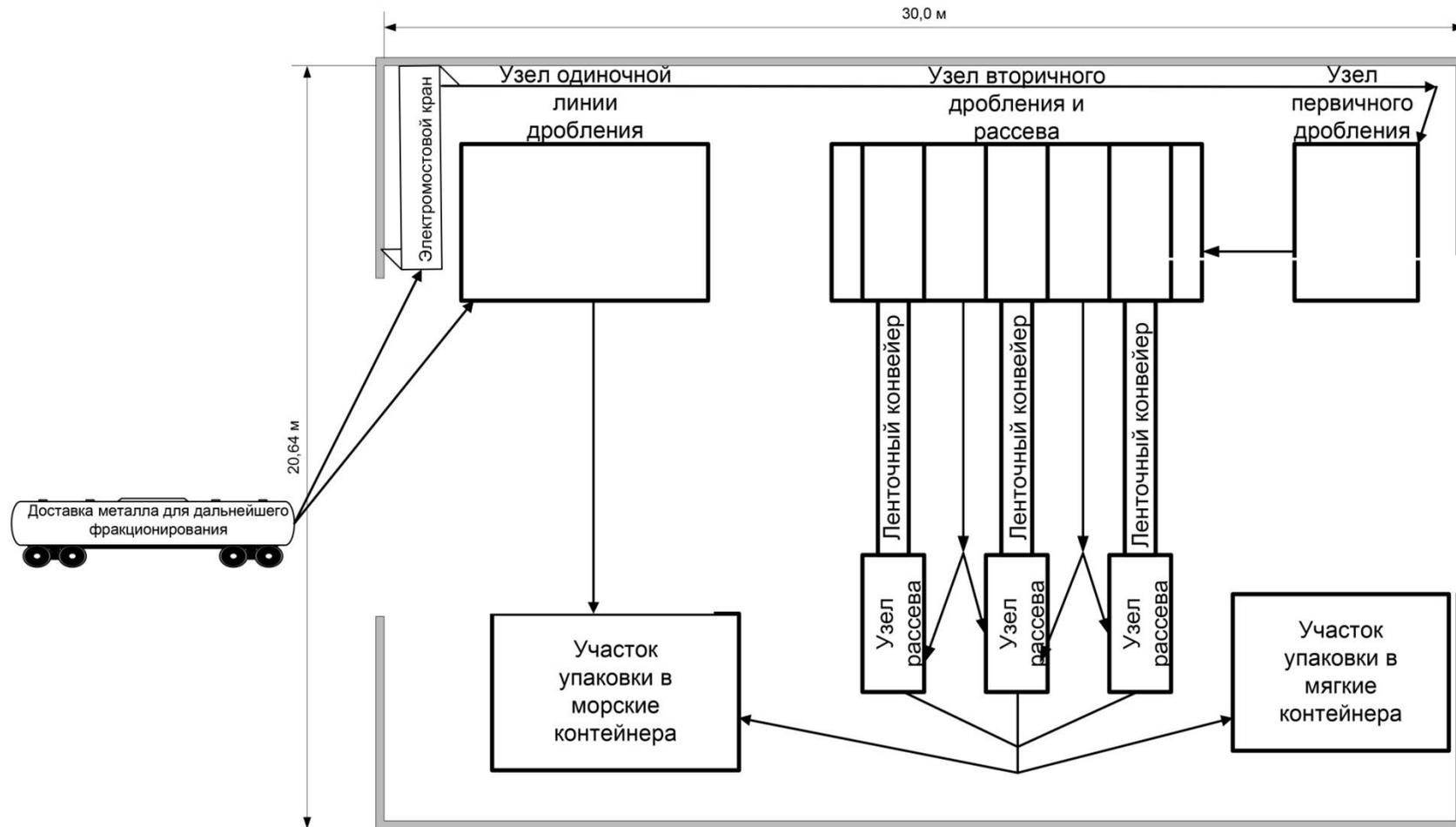
47. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9028718>. дата обращения 15.04.2017 г.

48. ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. [Электронный ресурс] / Техэксперт: Электронный фонд правовой нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089439>. дата обращения 15.04.2017 г.

Приложение А
План цеха переработки ферросилиция
(обязательное)



Приложение А
Схема технологического процесса
(обязательное)



Приложение Б
Справочные данные
(обязательное)

Таблица Б.1 – Дисперсный состав пыли

Размер частиц, мкм	Содержание частиц %, вес по массе
3	1,5-7
3-5	3,5-9
5-10	13-20
10-15	15-16
15-20	10-11
20-30	14-16
30-40	8-11
40-50	4-9
50-100	8,5-14
100-200	3-5
>200	0,5-1

Таблица Б.2 – Содержание частиц %, вес по массе

Размер частиц, мкм	Содержание частиц %, вес по массе	
	из воздуховода	из шнеков системы очистки
>40	27,5	18,9
40-25	15,5	24,3
25-16	41,1	35,9
16-10	11,0	15,7
10-6,3	1,8	1,2
6,3-4,0	0,4	0,7
4,0-0,0	2,7	4,1

Таблица Б.3 – Размер фракций

ФС-65 Размер фракций, мм	Время, час					
	2	4	8	16	24	48
0-0,05	0,06	0,11	0,22	0,53	0,84	2,28
0,05-0,4	0,03	0,06	0,10	0,26	0,52	1,12
0,4-3,0	0,01	0,03	0,06	0,19	0,30	0,62
2-6,0	0,00	0,00	0,01	0,08	0,24	1,01
0-3,0 (сухой)	0,17	0,30	0,48	0,07	1,0	1,70

Продолжение приложения Б

Таблица Б.4 – Размер фракций

ФС-75 Фракции, мм	Время, час				
	2	4	8	16	24
0-0,05	0,65	1,30	2,40	4,4	6,2
0,05-0,4	0,05	0,10	0,20	0,33	0,50
0,4-3,0	0,05	0,12	0,25	0,55	0,90
0-3,0	0,1	0,18	0,35	0,7	1,0
0-3,0 (сухой)	0,0005	0,0015	0,0060	0,0225	0,0440

Таблица Б.5 – Интенсивность газовыделения ферросилиция в чушках и кусках при увлажнении $\text{см}^3/(\text{кг}\cdot\text{ч})$

Марки	Чушка (слиток) не более 45кг	Куски не более 25кг	Размеры частиц, мм	
			3,2-10	Менее 3,2
ФС90; FeSi90A11; FeSi90A12	Для всех марок ферросилиция от 0,2 до 1,3 $\text{см}^3/(\text{кг}\cdot\text{ч})$	Для всех марок ферросилиция от 0,2 до 1,0 $\text{см}^3/(\text{кг}\cdot\text{ч})$	5,0	20,0
ФС75; FeSi75A11; FeSi75A11,5; FeSi75A12; FeSi75A13			30,0	140,0
ФС70; ФС70A11			30,0	130,0
ФС65; FeSi65			35,0	140,0
ФС50; FeSi50			20,0	120,0
ФС45; FeSi45			20,0	90,0
ФС25; FeSi25			10,0	40,0
ФС20; FeSi20			6,0	30,0
FeSi10			2,0	10,0

Примечание – В графах 2 и 3 приведена расчетно-аналитическая интенсивность газовыделения из ферросилиция различных марок для фракции 3,2–10мм и менее 3,2 мм, поставляемого в виде чушек (слитков) и кусков при их увлажнении; а в графах 4 и 5 – экспериментальная интенсивность газовыделения из ферросилиция для фракций 3,2–10 мм и менее 3,2 при их увлажнении 1 литр = 1000 мл = 1000 см^3 .

Продолжение приложения Б

Таблица Б.6 – Состав и характеристика существующих фракций

Марка	НКПР, г/м ³	T _{св} , °C	T _в , °C	P _{max} , Па	ΔP _{max/Δtmax} , кПа/с	V _{min} , мДж	МВСК, %
ФС 75	150	>1000	860	620	26000	280	15
ФС 65	400	>1000	>1000	40	6000	-	-

где НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени,

T_{св} – температура самовоспламенения в слое,

T_в – температура воспламенения в аэровзвеси,

P_{max} – максимальное давление взрыва,

ΔP_{max/Δtmax} – максимальная скорость нарастания давления взрыва,

V_{min} – максимальная энергия зажигания,

МВСК – минимальное взрывоопасное содержание кислорода.

Таблица Б.7 – Предполагаемые концентрации пыли

Вид пыли	Концентрация
Легкая	1.15-4.6 г/м ³
Средняя	4.6-6.9 г/м ³
Умеренная	6.9-11.5 г/м ³
Сильная	11.5 г/м ³ и выше

Продолжение приложения Б

Таблица Б.8 – Состав и характеристика существующих аспирационных систем ЦПФ

Номер АС	Наименование технологических узлов, обустроенных АС	Наименование оборудования, являющегося источником выделения пыли	Пылеуловитель эффективность очистки, %	Источник выброса
	Узел первичного дробления ферросилиция ЦПФ	2 приёмных бункера с решёткой	Неорганизованный выброс в рабочую зону ЦПФ	
		Гидромолот на базе экскаватора ЭО-33234		
		2 технологических короба		
АС-1	Узел вторичного дробления (линия № 1)	Приёмный бункер	Рукавные фильтры ФРКН-90ВУ № 1, № 2 и № 3. Степень очистки – 91 %	Труба Н = 24,0 м
		Вибропитатель ПВЭ-0,5/1,6		
		Щековая дробилка СМД-109А		
		Конвейер		
	Узел упаковки в морские контейнеры	Грохот ГИЛ-32А		
		Бункерная эстакада 1-ой линии		
Бункерная эстакада 2-ой линии				
АС-2	Узел вторичного дробления (линия № 2)	Приемный бункер	Рукавные фильтры ФРКН-90ВУ № 7и № 8; № 4, № 5 и № 6. Степень очистки – 91 %	Труба Н = 23,9 м
		Щековая дробилка СМД-109А		
		Конвейер		
		Грохот ГИЛ-32А		
	Линия упаковки в «биг-бег»	5 бункеров для наполнения биг-бегов		
		5 вибропитателей		
АС-3	Узел вторичного дробления (линия № 3)	приемный бункер	Рукавный фильтр ФРКН-90ВУ № 3. Степень очистки – 85 %	Труба Н = 24,5 м
		Вибропитатель ПВЭ-0,5/1,6		
		Щековая дробилка СМД-109А		
		Конвейер		
		Грохот ГИЛ-32А		
АС-4	Узел вторичного дробления (СПП-1)	Приёмный бункер	Циклоны ЦН-15-700. Степень очистки – 84 %	Труба Н = 25 м
		Щековая дробилка СМ-741		
		Конвейер		
		Грохот ГИЛ-43		
		Питатель загрузки		

Продолжение таблицы Б.8

АС-5	Одиночная линия дробления	Приемный бункер	Рукавный фильтр карманный с импульсной продувкой - INFA-LAMELEN AJL 2/1083. Степень очистки – 96%	Труба Н = 24 м
		Гидромолот		
		Щековая дробилка СМД-109А		
		Конвейер		
	Линия упаковки в «биг-беги» ОЛД	Грохот		
		2 бункера для наполнения биг-бегов		
	Линия упаковки в морские контейнеры ОЛД	2 вибропитателя		
		Бункера контейнерной загрузки		
		3 вибропитателя		
		Перемещающийся конвейер ленточный		
Узел первичного дробления ферросилиция на СГП-1	Приёмная решётка слитков	Неорганизованный выброс в рабочую зону СГП-1		
	Гидромолот на базе экскаватора			
	Приёмный бункер продукции			

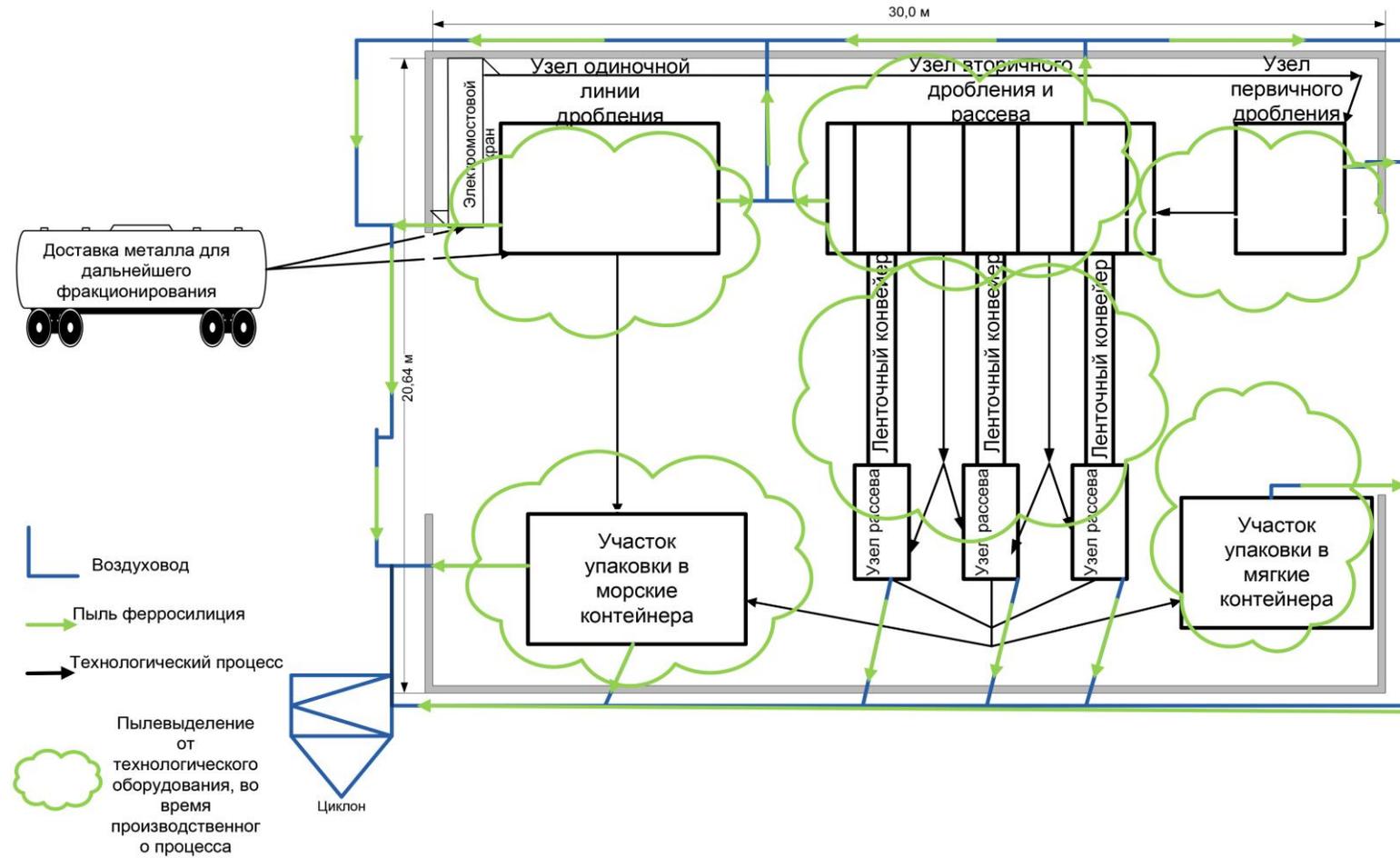
Приложение В
Справочные данные
(обязательное)

Таблица В.1 – Потребители

Наименование потребителя	Количество модулей		Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	
	Всего	Одновременно работающих	На единицу	Всего
Приёмный ресивер модуля рукавного фильтра с системой раздаточных трубок	21	21	0,533	11,20
	4725 рукавов (225шт. x 21)	26 рукавов (max)	0,0024	0,30
при аварийном режиме (от заводской сети)	2	2	0,533	0,070
	450 рукавов (225шт. x 2)	12 рукавов (max)	0,0024	0,029

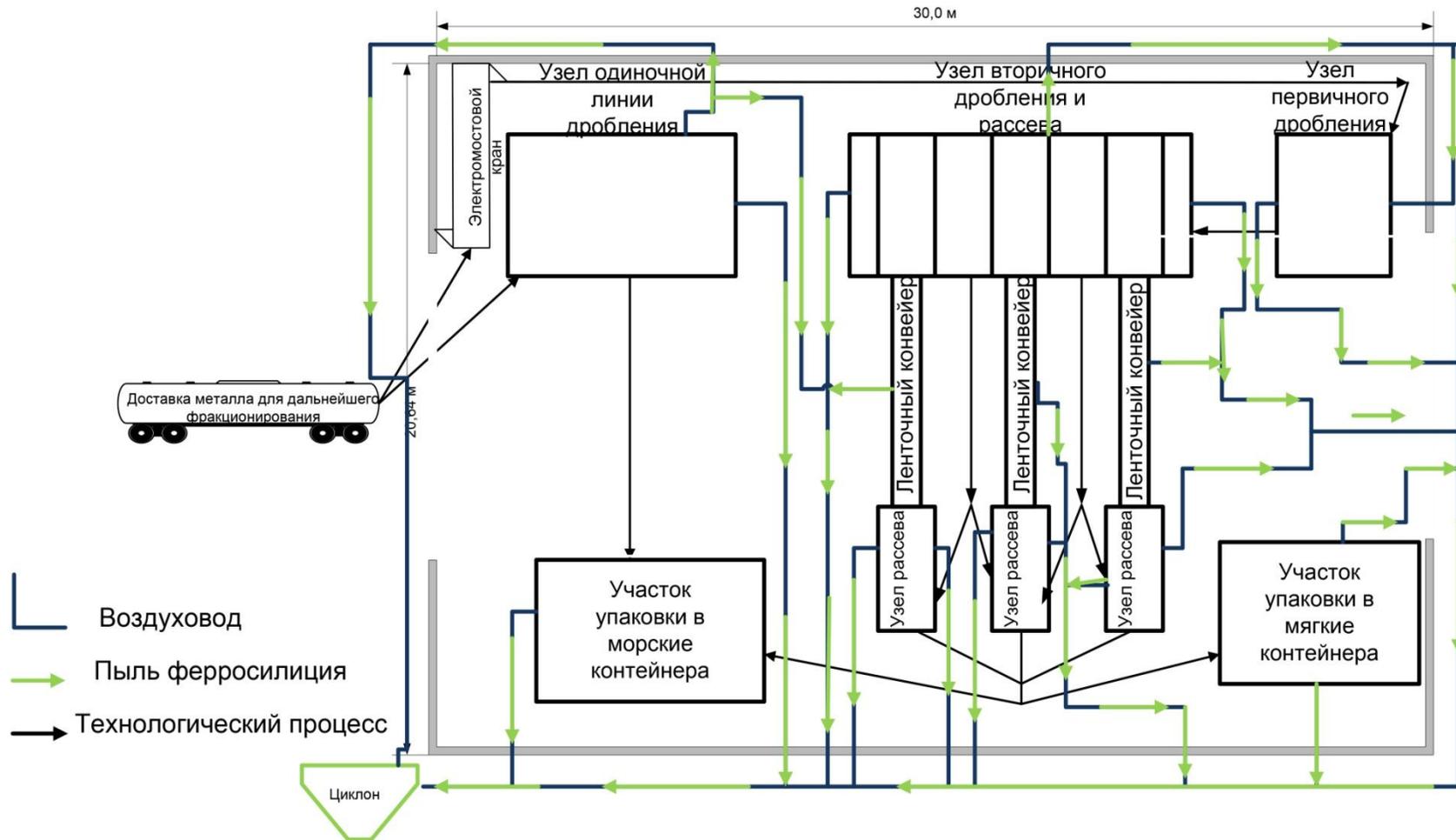
Приложение Г

Схема работы аспирационной системы до модернизации (обязательно)

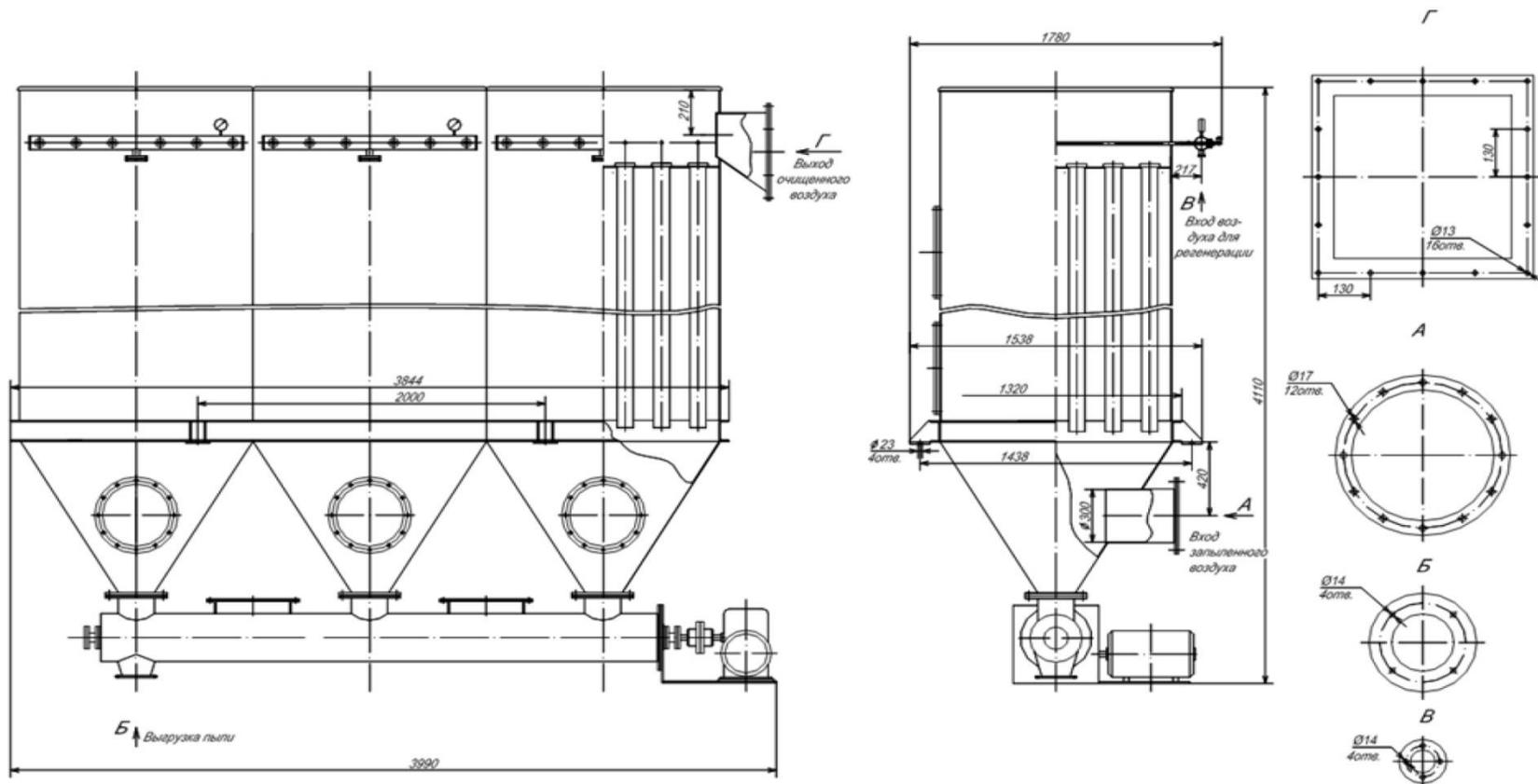


Приложение Г

Схема работы аспирационной системы после усовершенствования (обязательно)



Приложение Д
 Схема рукавного фильтра
 (обязательное)



Приложение Е

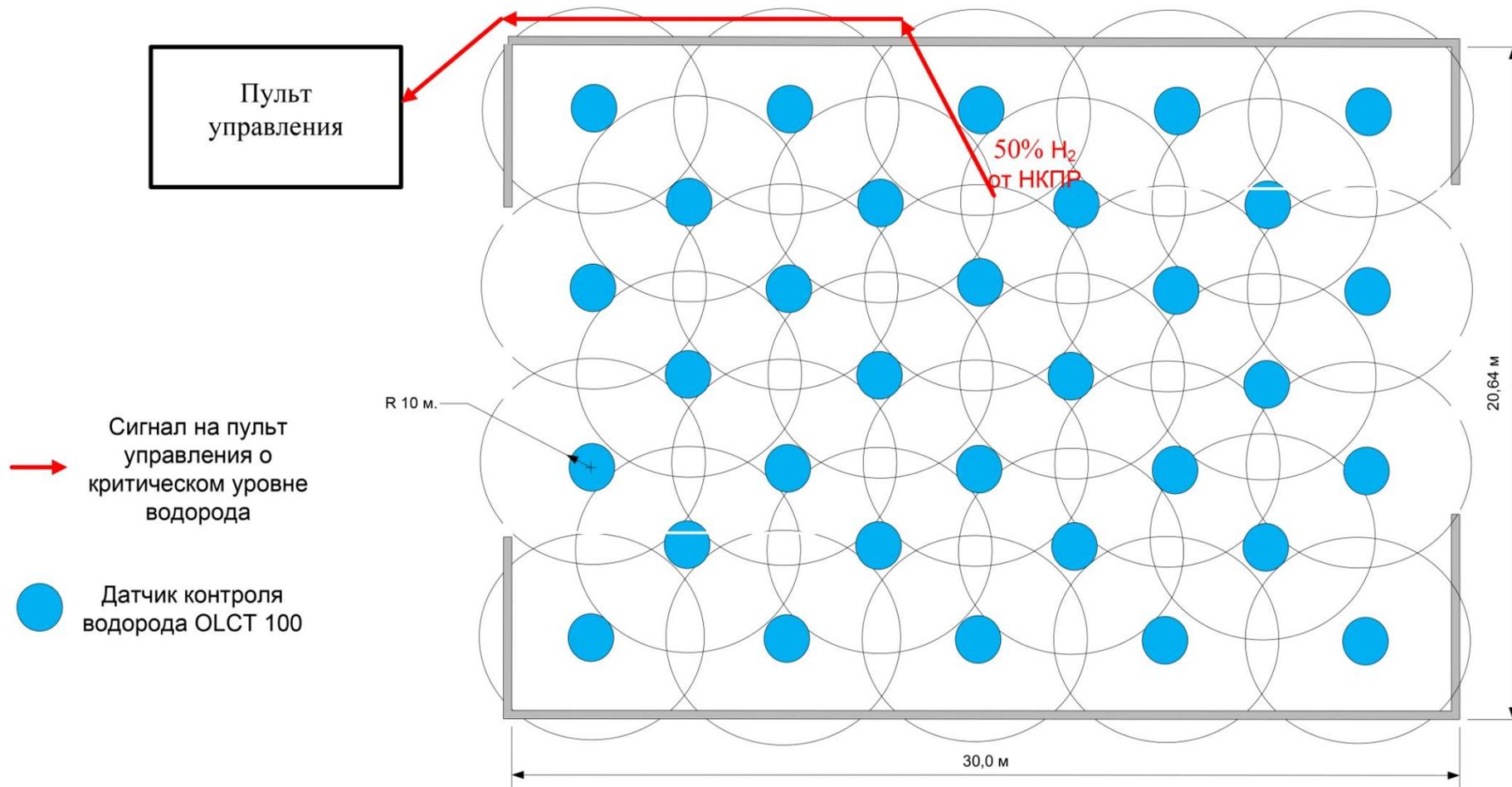
Эффективность работы каждой системы аспирации

Таблица Е.1 – Эффективность работы каждой системы аспирации

Входное отверстие фильтра	Пылевая нагрузка	Поток газа, при t=20°С	Поток газа, при t=0°С	Концентрация пыли	Гарантированная концентрация пыли на выходе, не более	Эффективность
	g/s	³/s	Nm³/s	g/Nm³	g/Nm³	%
001	7.2	9,0	7,6	0,410	0,008	98,0
002	4.5	6,0	4,8	0,310	0,008	97,4
004	5.1	2,0	1,1	0,460	0,008	98,3
005	2.8	0,50	0,8	0,320	0,008	97,5
006	3.0	7,5	6,2	0,190	0,008	95,8
007	3.0	7,5	6,2	0,190	0,008	95,8
008	3.1	0,50	0,8	0,350	0,008	97,7
009	3.3	7,0	5,7	0,210	0,008	96,2

Приложение Ж

Схема расстановки датчиков (контроля) водорода
(обязательное)



Приложение 3

Категории помещений и зданий по пожарной и взрывопожарной опасности (справочное)

Таблиц 3.1 – Категории помещений и зданий по пожарной и взрывопожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожарная)	Горючие "азы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (взрывопожароопасная)	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1-В4 (пожароопасные)	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращении, не относятся к категориям Л или Б
Г	Горючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии