

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



Институт электронного обучения
Направление подготовки 280202.65 «Инженерная защита окружающей среды»
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы
Совершенствование систем транспортировки сыпучих материалов и очистки воздуха в цементном производстве Алмалыкского ГМК

УДК 504.064:666.94.02

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9601	Аблакулова Юлдузой Хамиджон кизи		24.09.2016

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	к.т.н.		18.10.2016

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Наталья Геннадьевна			11.10.2016

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		11.10.2016

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н. профессор		13.10.2016

Томск – 2016 г.

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

Институт электронного обучения
 Специальность 280202.65 «Инженерная защита окружающей среды»
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой ЭБЖ
 С.В. Романенко

 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-9601	Аблакулова Юлдузой Хамиджон кизи

Тема работы:

Совершенствование систем транспортировки сыпучих материалов и очистки воздуха в цементном производстве Алмалыкского ГМК	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.04.2016 №2870/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.10.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Литературные данные технических решений по уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферный воздух рабочей зоны. Материалы преддипломной практики.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1) Обзор существующих теоретических и экспериментальных методов обеспыливания воздуха на производстве 2) Постановка целей и задач для изучения данной темы 3) Результаты решения задачи и их анализ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам дипломной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старший преподаватель кафедры менеджмента, Кузьмина Наталья Геннадьевна
Социальная ответственность	Кандидат технических наук, Сечин Андрей Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	к.т.н.		01.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9601	Аблакулова Юлдузой Хамиджон кизи		01.03.2016

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-9601	Аблакулова Юлдузой Хамиджон кизи

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Экологии и безопасности жизнедеятельности
Уровень образования	Специалитет	Направление / специальность	Инженерная защита окружающей среды

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Зарботная плата инженера = 50914 рублей Зарботная плата научного руководителя = 10336 рублей</i>
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Социальные отчисления = 169358 рублей</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	1. <i>Формирование плана разработки проекта</i> 2. <i>Смета затрат на проект</i> 3. <i>Расчет социального эффекта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмент	Кузьмина Наталья Геннадьевна			01.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9601	Аблакулова Юлдузой Хамиджон кизи		01.03.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-9601	Аблакулова Юлдузой Хамиджон кизи

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Экологии и безопасности жизнедеятельности
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Инженерная защита окружающей среды

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля,) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Работа выполняется на производственном помещении. При изучении места исследования рассмотреть следующие вредные и опасные производственные факторы: - уровень шума на рабочем месте; - показатели микроклимата; - поражение электрическим током; - вибрация;
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	-ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». -ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». -ГОСТ 12.1.003-80 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». -ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность». -ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. -ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем –	Проанализировать выявленные вредные факторы: - микроклимат; - вибрация; - шум;

<i>индивидуальные защитные средства)</i>	
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Проанализировать выявленные опасные факторы: -термические опасности; -электробезопасность; -пожарная безопасность;
3. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Рассмотреть правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности на рабочем месте.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2016
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		01.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9601	Аблакулова Юлдузой Хамиджон кизи		01.03.2016

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

Институт электронного обучения
 Направление подготовки 280202.65 «Инженерная защита окружающей среды»
 Уровень образования – специалитет
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности
 Период выполнения – весенне-осенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Дипломная работа
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.10.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.02	Планирование проекта	5
28.02	Выбор направления исследования	10
07.03	Изучение литературы	15
14.03	Анализ эффективности существующей системы пылегазоочистки на цементном производстве	15
28.03	Сравнение и изучение пылеулавителей	15
01.09	Расчет эффективности промышленной системы пылегазоочистки	15
15.09	Консультация с научным руководителем	15
03.10	Подведение итогов работы	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	к.т.н.		01.03.2016

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н.		03.03.2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 106 с., 15 рис., 23 табл., 36 источника.

Ключевые слова: пыль, аспирация, рукавный фильтр.

Объектом исследования является цементное производство Алмалыкского ГМК, которое непрерывно ведёт деятельность по транспортировке сыпучих грузов, обеспыливанию воздуха и применению воздухоочистительной аппаратуры.

Цель работы – поиск альтернативных методов уменьшения запыленности производственной среды в системах транспортировки сыпучих материалов и уменьшение потерь сыпучего материала при транспортировке в цементном производстве, а так же создание на базе собираемых разрозненных сведений и материалов, обобщенной информации, раскрывающей интересующие вопросы по исследуемой теме. Провести анализ экологических характеристик технологических систем при транспортировке сыпучих грузов. Рассмотреть существующие способы очистки воздуха на предприятии. Выявить эффективные и безопасные способы обеспыливания воздуха. Разработать дополнительные мероприятия для улучшения работы аспирационных систем на производстве.

В процессе исследования проводился анализ возможных вариантов использования аспирационных систем, проанализирована работа применяемых на производстве установок по обеспыливанию воздуха.

В результате исследования предложены варианты для улучшения работы аспирационной системы на АО "АГМК", проанализирована устойчивость процесса используемых газоочисток.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: предложены варианты улучшения аспирационных систем.

Степень внедрения: разработаны предложения по дополнительным мероприятиям к действующим инструкциям.

Область применения: цементные заводы, производства чёрной и цветной металлургии, химии и нефтехимии, стройиндустрия, энергетика, топливная промышленность.

В будущем планируется продолжить поиск усовершенствованных систем воздухоочистки.

Оглавление

Введение.....	14
1 Общие сведения о предприятии.....	16
1.1 Промышленное производство цемента.....	17
1.2 Технологический процесс производства цемента.....	18
1.3 Сведения об источниках пылевых выделения в цементном производстве.....	22
1.4.Выделение пыли при транспортировке сырьевых компонентов.....	23
1.5.Технологические мероприятия по уменьшению пылеобразования.....	26
2. Методы и средства обеспыливания воздуха на производстве.....	28
2.1.Дисперсный состав пыли.....	28
2.2.Физико-химические свойства пыли на цементном производстве.....	29
2.3. Основные типы современных аппаратов для улавливания пыли.....	30
2.4.Обеспыливания воздуха в конвейерных системах.....	33
2.5.Способы очистки воздуха на производстве.....	37
2.5.1.Рукавные фильтры.....	38
2.5.1.1.Принцип работы рукавного фильтра.....	39
2.5.1.2.Расчет производительности рукавного фильтра.....	41
2.5.2.Пылеуловители.....	43
2.5.3.Циклоны.....	44
3. Устойчивость процесса газоочистки в рукавных фильтрах.....	47
3.1.Расчет гидравлических параметров рукавных фильтров.....	47
3.2.Режимы регенерации.....	50
3.2.1.Регенерация рукавных фильтров.....	51
3.2.2.Классификация рукавных фильтров по способу регенерации фильтровального материала.....	52
4. Усовершенствование систем воздухоочистки.....	53
4.1. Повышение эффективности аспирационных систем.....	53
4.2. Техника безопасности при эксплуатации рукавных фильтров.....	55
4.3. Модернизация рукавных фильтров газоочистных установок.....	56
5. Методы контроля процессов сепарации в аппаратах.....	59

5.1. Определение запыленности потока.....	59
5.2. Расчетные характеристики.....	63
5.3. Метод экспресс индикации связности тонкодисперсных материалов.....	74
6. Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	79
6.1. Перечень работ и оценка времени их выполнения.....	79
6.2. Смета затрат на проект.....	80
6.3. Смета затрат на реконструкцию оборудования.....	82
6.4. Социальный эффект.....	83
7. Социальная ответственность.....	86
7.1 Социальная ответственность человека перед обществом и окружающей средой.....	87
7.2 Производственная безопасность.....	88
7.2.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	88
7.3 Микроклимат.....	91
7.4 Освещенность.....	92
7.5 Производственный шум.....	92
7.6 Электробезопасность.....	93
7.7 Пожарная безопасность.....	94
7.8 Техника безопасности.....	95
Заключение.....	98
Список использованных источников.....	101
Приложения.....	105

Определения

пыль: Мельчайшие твердые частицы органической или неорганической природы, которые поступают в воздух и могут находиться в нем в течение длительного периода во взвешенном состоянии.

цемент: Искусственное неорганическое вяжущее вещество.

klinker: Промежуточный продукт при производстве цемента.

сухой метод изготовления цемента: Измельчение, смешивание, усреднение и корректирование смеси сухими материалами, без применения воды.

аспирация: Удаления мелких сухих частиц из-под укрытий транспортно-технологического оборудования и рабочей зоны используя метод засасывания их с потоком воздуха в трубопровод системы аспирации, по которому частицы с потоком воздуха достигают места назначения (фильтра, отстойника и собираются в какую-либо тару).

рукавный фильтр: Вид пылеулавливающего оборудования, предназначенный для очистки воздуха.

регенерация фильтра: Восстановление работоспособности фильтра путем применения механических методов очистки поверхности фильтра.

Обозначения и сокращения

АО – акционерное общество;

АГМК – Алмалыкский горно-металлургический комбинат;

ГОУ – газоочистные установки;

МОФ – медная обогатительная фабрика;

ОНД – отдел надзорной деятельности;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ПДВ – предельно допустимый выброс;

ПГУ – парогазовая установка;

ЦПУ – центральный пункт управления;

Введение

Производство строительных материалов является сложным технологическим процессом, так как происходят превращения сырья в разные состояния и с различными физико-механическими свойствами, а также с использованием разнообразной степени сложности технологического оборудования и вспомогательных механизмов. В большинстве случаев эти процессы сопровождаются выделением больших количеств полидисперсной пыли, вредных газов и других загрязнений[1].

Целью работы является поиск альтернативных методов уменьшения запыленности производственной среды в системах транспортировки сыпучих материалов и уменьшение потерь сыпучего материала при транспортировке в цементном производстве.

Актуальность темы обусловлена тем, что современное общество стремительно развиваясь нуждается в значительном увеличении потребления энергоресурсов. На почве этого поднимается вопрос о защите атмосферы от загрязняющих веществ.

Выбросы строительного производства имеют разные вредные пылевые компоненты, которые могут быть без запаха и цвета – очень вредны и опасны для человека, что может стать причиной разных заболеваний работников, износа оборудования, ухудшение качества продукции[1].

Выбросы весьма токсичны, а если они попадают под действие солнечных лучей, то образуются еще более опасные соединения, а ветер не справляется перемещать эти пылевые выбросы[1].

Пока не существует безопасных и безотходных предприятий по производству строительных материалов. Решение проблемы сводится к повышению эффективности и введение в работу усовершенствованных и практичных устройств транспортировки сыпучих грузов и систем воздухоочистки.

Существующие мокрые аспирационные системы превышают предельно допустимую норму выбросов (ПДВ) и являются энергоёмкими и сложными в обслуживании.

Поэтому особое значение приобретает разработка научных основ энергосберегающего пылеулавливания.

Основная часть

1 Общие сведения о предприятии

АО "Алмалыкский ГМК" – это крупный горно-металлургический комплекс Республики Узбекистан.

Производственные мощности комбината базируются на запасах группы медно-порфировых, свинцово-цинковых и золото-серебряных месторождений, располагающихся на территориях Ташкентской, Джизакской, Наманганской областей Республики Узбекистан. Медно-порфировые золото и молибден содержащие месторождения Кальмакыр и Сары-Чеку обеспечивают сырьем медную ветвь комбината где перерабатываются руды Кальмакыра на медной обогатительной фабрике (МОФ), руды Сары-Чеку на медной обогатительной фабрике 2 (МОФ-2), концентраты которых перерабатываются на медеплавильном заводе. Месторождение Дальнее - резервное.

Месторождение, которые сейчас актуальны и востребованы берут своё начало с древних времён. Сырьевая база комбината состоит из отработанных месторождений, но так же имеются и нетрадиционные ресурсы:

- Отвалы горнорудного производства;
- Отвальные хвосты обогащения;
- Отходы металлургического производства (Отвальные шлаки).

Комбинат состоит из: восьми горнодобывающих предприятий, четырёх обогатительных фабрик, двух металлургических заводов, сернокислотных производств, ремонтно-механических и известковых заводов, автотранспортных управлений с четырьмя автобазами, управлений железнодорожного транспорта, управлений по производству товаров народного потребления, а также более двадцати вспомогательных цехов.

АО «Алмалыкский ГМК» (АГМК) горно-металлургическое предприятие в городе Алмалыке Ташкентской области, одно из крупнейших горно-металлургических предприятий в Узбекистане, производитель порядка 90 %

серебра и 20% золота в Узбекистане, крупнейший производитель меди в Центральной Азии[3].

В апреле 2013 года по указу Президента республики Узбекистан был начат масштабный проект «Организация производства портландцемента и белого цемента в Джизакской области». Ввод в строй действующих современного мощного производственного предприятия способствовал созданию более 500 новых рабочих мест. Завод оснащён самым современным технологическим оборудованием, работающий сухим способом. Сухой способ производства продукции позволит значительно экономить энергетические ресурсы.

Особенностью завода является то, что при наличии одной печи, завод может выпускать и белый, и общестроительный цемент попеременно. Производственная мощность завода 2 240 т/сутки общестроительного цемента и 1 050 т/сутки белого цемента.

Следует подчеркнуть, что белый цемент пользуется большим спросом, как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

1.1 Промышленное производство цемента

Технологический процесс современного производства цемента включает в себя большое количество операций. Первоначально добывают сырьё, готовят сырьевую смесь, обжигают её, получив цементный клинкер, смолот клинкер и необходимые добавки до порошкообразного состояния.

Клинкер производится разными способами: сухим, комбинированным или мокрым способом. Способ выбирают исходя из технологических, технических и экономических факторов. В нашем случае на АО "Алмалыкский ГМК" применяется сухой способ производства цемента[1].

Можно отметить, что сухой метод самый экономичный, который предусматривает, что при измельчении, смешивании, усреднении и корректировки смеси используются сухие материалы, где вода не применяется.

Большую роль играют химические и физические свойства сырья, оттого и выбирается способ производства цемента. Наиболее распространенной схемой является производство вращающейся печи с глиной и известняком.

Когда глина и известняк выходят из дробилки происходит процесс сушки до 1% влагосодержания, а дальше происходит процесс измельчения. Наиболее часто помол и сушка осуществлялись в одной аппарате – сепараторной мельнице. На сегодняшний день самым эффективным способом можно назвать сухой способ производства цемента [2].

Сырьевая мука определенного химического состава получается в результате дозирования сырья в мельнице с последующим усреднением сырьевой шихты в смесительных силосах, в которые подаются сырьевые компоненты с заданными высокими или низкими титрами.

После того как сырьевая смесь является подготовленной для дальнейшего производства конечного продукта она направляется в циклонные теплообменники, где проходит несколько технологических этапов. Смесь находится в системе не более 30 секунд, далее поступает в печь для обжига и в холодильную камеру, где обрабатывается холодным воздухом. После того как клинкер охлажден он поступает на склады для дальнейшей перемолки либо для переправки последующим потребителям[2].

1.2 Технологический процесс производства цемента

Система автоматизации завода представляет собой современнейшую компьютеризированную систему. Сырье от месторождений автотранспортом направляется в двух роторную молотковую дробилку с производительностью 600 т/ч. В дробилке осуществляется одновременное дробление и предварительное смешивание известняка и супеси. Полученный премикс ленточными конвейерами направляется на линейный склад для складирования и перемешивания шихты[3].

Линейный склад с мощностью двух отделений по 12,5 тыс. т для хранения премикса и одного отделения мощностью 5 тыс. т для хранения цементных добавок. Склад оборудован штабель укладчиком (Стеккер) и штабель разборщиком (Реклаймер). Система складирования полностью автоматизирована, и весь процесс отслеживается и контролируется в ЦПУ. С линейного склада премикс с помощью транспортерных конвейеров подается на дозировочный бункер узла дозировки сырья. При необходимости, минуя склад, премикс можно направить напрямую в дозировочный бункер.

Дозировочные бункеры объемом 150 тонн для премикса, 75 тонн для извести и 75 тонн для железосодержащих добавок (при производстве серого цемента) направляется в отделение помола сырья. Корректировка сырьевой смеси производится на основании активационного гамма-нейтронного анализатора[3].

Отделение помола сырья оборудовано вертикально-валковой мельницей производительностью 200 т/ч и рукавным фильтром с пылеосадительной камерой. Для сушки сырья применяются отходящие газы вращающейся печи. Влажность сырьевой шихты до помола: летом 1,5%, зимой до 8%; после помола не более 0,5%.

Из отделения помола сырьевая мука поступает в 2 силоса гомогенизации вместимостью 5 тыс. тонн. Один из силосов предназначен для сырьевой муки при производстве белого цемента, второй - соответственно серого. Силосы оборудованы системой аэрации[3].

Клинкер обжигается в трехпорной вращающейся печи размерами 4,2×62 м. Для производства белого цемента предусмотрено применение устройства водяного отбеливания клинкера на горячем обреze печи.

Клинкер охлаждается в клинкерном холодильнике 4-го поколения типа скользящий пол, до температуры 80°C и при помощи ковшевого транспортера направляется в вертикально-шатровые клинкерные склады для белого и серого клинкера вместимостью по 25 тыс. тонн. Для помола клинкера и добавок установлены 2 шаровые мельницы с производительностью 75 т/ч.

После помола, цемент посредством аэрожелобов направляется в 2 силоса хранения цемента вместимостью 5 тыс. тонн каждый.

Технологическая цепочка производства цемента заканчивается упаковочным отделением, которое оборудовано упаковочной линией производительностью 120 т/ч. Линия укомплектована системой подачи мешков в ж/д вагоны и др. транспортные средства[4].

Для обеспечения стабильного качества готовой продукции, особенно белого цемента, организован не только входной контроль поступающего сырья и на всех переделах производства, но и контроль качества всех сырьевых компонентов на уступах карьеров добычи известняка и супеси.

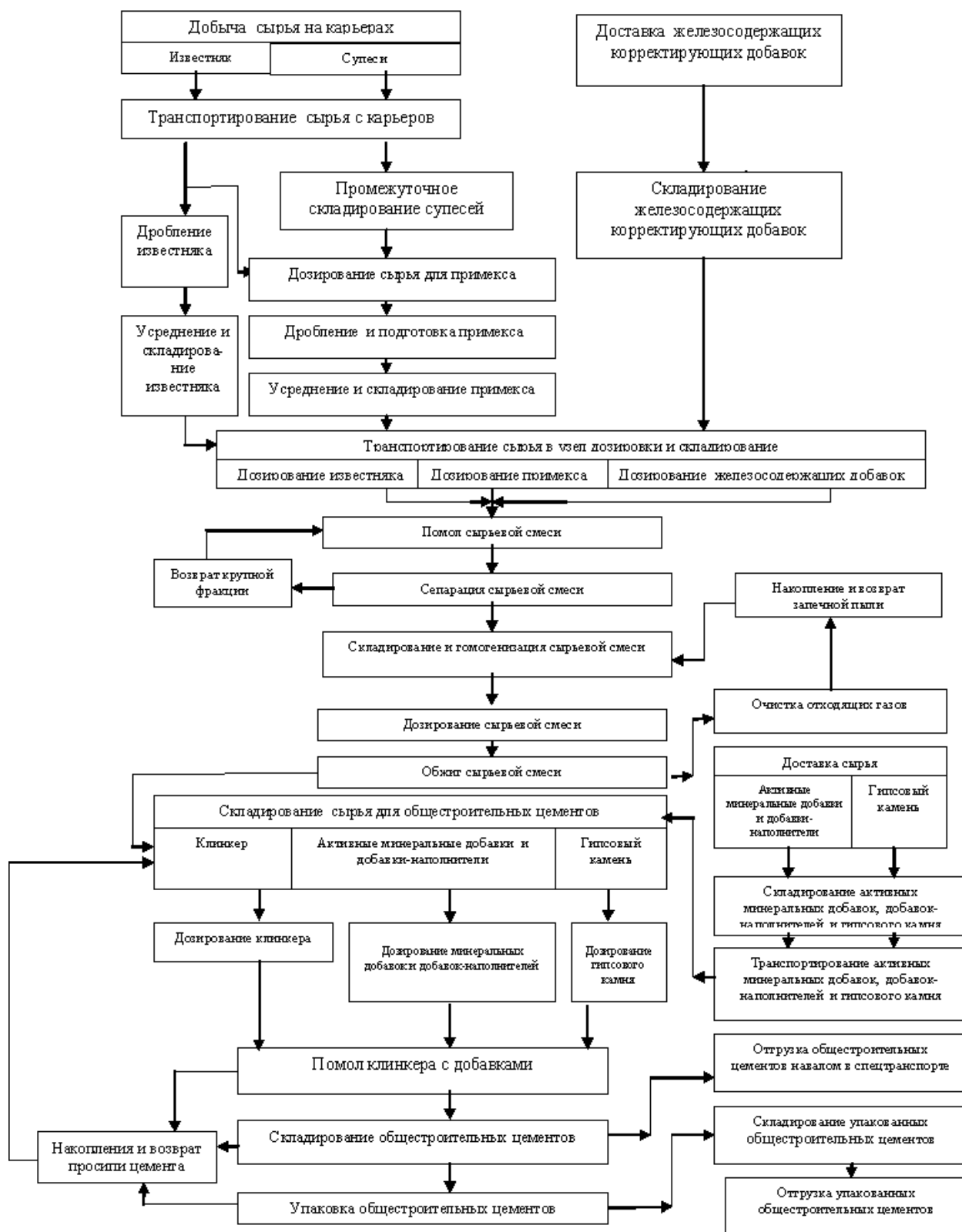


Рисунок 1 – Технологическая схема производства общестроительных цементов

1.3 Сведения об источниках пылевыведения в цементном производстве

Охрана окружающей среды от выбросов вредных компонентов в атмосферу является актуальной проблемой стремительно развивающегося производства. Пыль, которая содержится в выбросах оказывает на природную среду больше негативное воздействие. Производственная пыль – это мельчайшие твердые частицы, выделяющиеся при дроблении, размоле и механической обработке различных материалов, погрузке и выгрузке сыпучих грузов и т.п., а также образующиеся при конденсации некоторых паров[34].

Пыль на производстве образуется от вращающихся печей, цементных мельниц и силосов. Основным источником пылевыведения являются клинкерообжигательные печи. Самую большую часть пыли атмосфера получит из-за использования печей, это примерно 80% [11].

Огромное воздействия на процесс пылеуноса оказывают теплообменные аппараты – цепные завесы, они же являются не только теплообменниками, но и задерживают пыль, которая выносятся из печи газами.

На цементных предприятиях существует множество локальных источников пыли. В их число входит все оборудование для транспортировки размолотых или других пылесодержащих материалов: ковшовые элеваторы, шнековые и цепные транспортеры, пневмотранспорт, наклонные эстакады и перепады конвейеров. Вокруг этого оборудования необходимо осуществлять вытяжку и очистку воздуха. При отгрузке цемент либо автоматически фасуется в мешки, либо перевозится в контейнерах.

Силосы для пылящего или молотого материала часто находятся под небольшим избыточным давлением. Следовательно, затворы и аэрационные люки должны быть снабжены простейшими фильтрующими рукавами для предотвращения попадания пыли в окружающий воздух. Для силосов с пневматической загрузкой и оборудования для смешения и транспортировки порошковых материалов необходимо использование коллекторов[9].

Погрузочные бункера и хранилища предназначены для хранения клинкера, доменного шлака, сырьевых материалов и угля. Если происходит интенсивное выдувание содержащейся в этих материалах пыли, как, например, из клинкера шахтных печей, то полезно соорудить над хранилищем крышу, а в процессе работы с пылящими продуктами осуществлять из этой зоны вытяжку воздуха для очистки в коллекторе, что обеспечит в ней удовлетворительные условия для работы. Во всех этих ситуациях для обеспечения снижения пылевых выбросов (даже в случае выброса воздуха из хранилищ в окружающую среду через обыкновенные низкие вентиляционные металлические трубы) удаление пыли осуществляется во вращающихся коллекторах или рукавных фильтрах, иногда устанавливаемых после механического сепаратора[3].

1.4 Выделение пыли при транспортировке сырьевых компонентов

Процесс транспортировки включает этапы перевода материала из насыпного состояния в состояние подвижности, собственно транспорт, перевод в насыпное состояние. При проектировании транспортных установок ставится задача наиболее рационального выбора машин, обеспечивающих наибольший технический эффект в работе производства. При этом определяются капитальные затраты, эксплуатационные расходы, служащие основным критерием при выборе оптимального варианта со следующими показателями: расход энергии, расход материалов на ремонт, число штатных единиц персонала, обслуживающих установку[5].

Наиболее распространенный способ аспирации коробов пересыпки заключается в отводе необходимого количества воздуха из верхней области короба и создания разрежения, обеспечивающего запыление[4]. При больших разрежениях внутри укрытия воздух, поступающий через уплотнения, проходит в виде струй, увеличивая степень диспергации пыли, концентрацию частиц в объёме короба. Следовательно, чтобы предотвратить интенсивное диспергирование материала воздушными струями, проходящими через

уплотнительные щели, необходимо иметь рассредоточенный вывод запылённого воздуха из аспирационного короба, причем скорость воздуха в выводящих отверстиях должна быть намного больше, чем в уплотняющих щелях[5].

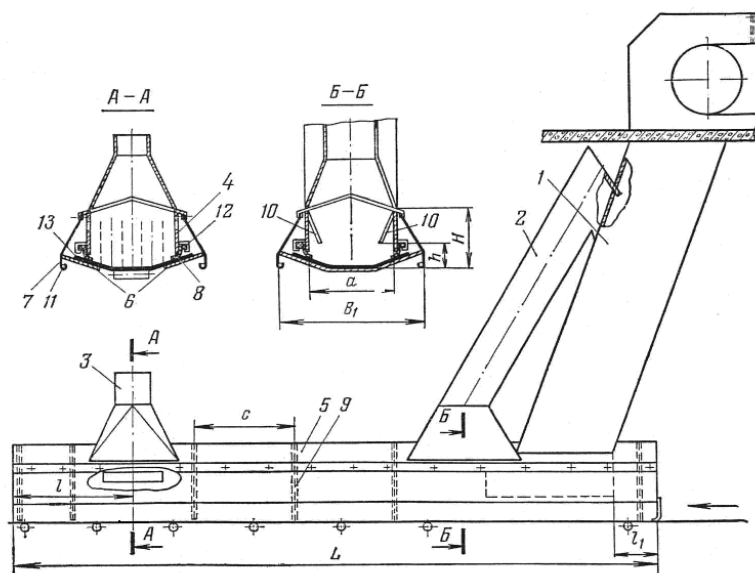


Рисунок 2 – Приемный лоток конвейера

1–течка; 2– воздуховод; 3– аспирационная воронка; 4 – боковая стенка; 5 –крышка; 6 – стол; 7 – наружная стенка; 8 – манжета; 9 – сдвоенный фартук; 10– направляющий лист; 11– груз; 12– клин; 13– конвейерная лента.

Для большей устойчивости желательно иметь расширительную, демпфирующую камеру, в которой сгустки выпадают из потока и удаляются на транспортную ленту. При повышенной влажности материала можно использовать малую часть отводящих каналов, но при этом должны быть открыты лючки на коллекторном воздуховоде для обеспечения гидравлической стабилизации всей системы[5].

На рис. 3 представлены схемы с сепарацией частиц внутри уплотнений [8, 9]. Материал, с подающего конвейера по загрузочному желобу 4, вместе с инжектируемым воздухом, поступает в короб аспирационного укрытия. Пылегазовый поток, попадая в аэродинамическую зону обтекателя 5

разделяется: воздух растекается по поверхности обтекателя 5, а пылевые частицы по инерции падают на ленту конвейера. Движение двухфазного потока вблизи верхней крышки 1 увеличивает эффективность процессов инерционной пылеочистки в укрытии, за счет более резкого изменения траектории движения воздуха, снижая тем самым концентрацию пыли на выходе. Вследствие меньшего аэродинамического сопротивления верхней части укрытия воздушный поток движется вблизи крышки 1 к аспирационной воронке 6.

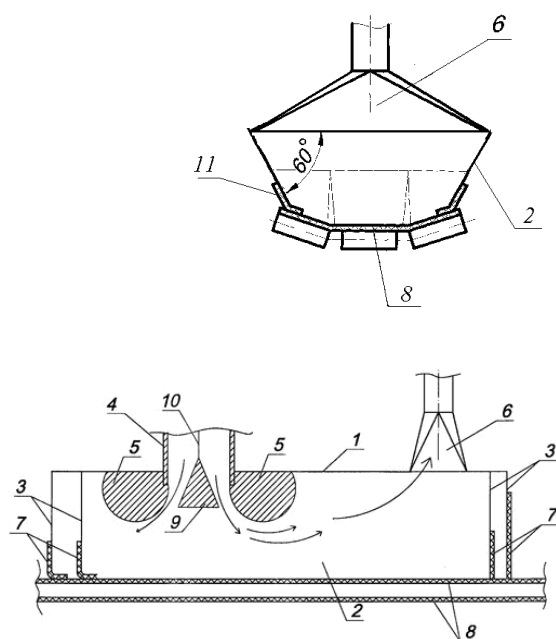


Рисунок 3 - Аспирационное укрытие мест перегрузки дисперсных материалов на ленточном транспортере [8, 9]

1– крышка короба, 2 – наклонные стенки, 3 – торцевые стенки, 4–загрузочный желоб, 5–обтекатели, 6– аспирационная воронка, 7 – уплотнительные фартуки, 8 – конвейерная лента, 9 – рассекатель, 10 – шток, 11 – эластичные уплотнители.

В статье [4] описан радикальный способ аспирации коробов пересыпок конвейерных систем, который может снизить поступление пылевых продуктов в рабочую зону. Отвод запыленного воздуха необходимо осуществляется там, где он поступает из короба в окружающую среду. С

наружной стороны крепятся накладки, образующие каналы с щелевыми отверстиями, расположенными вблизи "пылящих" зазоров, а внутри со стороны входа и выхода материала с транспортерных лент устанавливаются дополнительные фартуки. Из пространств между основными и дополнительными фартуками также проводится отвод запыленного воздуха. Таким образом, выводится из короба пыль, которая естественным образом пришла во взвешенное состояние, и которая вышла в зазоры. В этом случае концентрация пыли в коробе может достигать больших значений, однако это допустимо, т.к. пыль не взрывоопасна[5].

1.5 Технологические мероприятия по уменьшению пылеобразования

Существует ряд мероприятий, которые обеспечивают требования, предъявляемые к состоянию воздуха на территории производства, технике и оборудованию, а так же к процессам, которые непрерывно происходят на заводе[36]:

- обеспечение возможной герметизации пылящего оборудования и обеспечение устройств специальных укрытий всех мест, которые выделяют пыль;
- на стадии поступления и переработки сырья увлажнять измельченный материал;
- иметь необходимые и достаточные системы аспирации;
- качественная и постоянная очистка воздуха пылеулавливающими фильтрами перед попаданием его в атмосферу;
- блокировка аспирационных систем с технологическим оборудованием и автоматизация устройств по увлажнению материала и гидрообеспыливанию;
- устройство приточной вентиляции с продуманным воздухообеспечением;

- своевременная уборка производственных помещений от аэрозвеси и аэрогеля;
- четкий постоянный контроль на рабочих местах и выполнение всех указанным мероприятий.

Количество и скорость выделившейся пыли в воздух рабочего помещения в первую очередь определяются технологическими процессами. Существует ряд мероприятий, которые могут предотвратить и снизить выделение пыли. Данные мероприятия должны быть включены в самом начале разработки проекта, потому что когда объект будет запущен в эксплуатацию предпринять какие-либо меры становится намного сложнее.

При производственном процессе учитывают следующее [34]:

- уменьшение числа промежуточных узлов и мест перегрузок материала;
- сокращение до минимального числа перемещений материалов по горизонтали, применение герметичного дробильно-помольного оборудования;
- применять пневматический или другой закрытый вид транспорта (шнеки, виброконвейеры, полностью укрытые конвейеры и др.);
- отдавать предпочтение минимальной высоте перепадов в местах перегрузок материала (при высоких перепадах необходимо предусматривать специальные устройства по гашению кинетической энергии падающих материалов);
- осуществлять мойку и увлажнение материалов, где это возможно;

Бункера оборудуют устройствами, которые исключают их полную заполняемость, а так же полностью опорожняются. Остаточный слой материала в бункере должен составлять по высоте не менее $1/3$ нижней сужающейся части бункера для предотвращения поступления запыленного воздуха в помещение через питатели или при загрузке бункера[35].

При автоматизации технологического процесса производственного помещения происходит и уменьшение выделения пыли. Автоматизация работы

оборудования может способствовать улучшению технологического процесса, что может уменьшить число людей, находившихся в зоне запыленности [7].

Для достижения большей эффективности обеспыливающей вентиляции (аспирации) необходимо удалять пыль на месте её образования. Этого можно достичь при установлении у пылящего оборудования укрытий. Правильно выполненное и введенное в эксплуатацию укрытие является главным элементом аспирационной системы. Укрытия должны быть неотъемлемой частью машин и изготавливаться заводами - поставщиками оборудования.

При разработке конструкций укрытий и аспирационных систем следует большее внимание уделять уменьшению уноса пыли в вентиляционную сеть. Чем меньше пыли увлекается удаляемым воздухом, тем меньше теряется получаемого материала и тем меньше затраты на очистку воздуха.

2 Методы и средства обеспыливания воздуха на производстве

2.1 Дисперсный состав пыли

Дисперсным составом пыли называется характеристика состава дисперсной фазы, определяемая по размерам или скоростям оседания частиц. Она показывает, какую долю по массе, объему, поверхности или числу составляют частицы в любом диапазоне их размеров или скоростей оседания. Дисперсный состав может быть выражен в виде таблицы, кривой или формулы распределения частиц пыли. Степень дисперсности представляет собой качественный показатель, характеризующий «тонкость» пыли. В качестве условных показателей этого же свойства используются удельная поверхность, средний диаметр частиц, медианный диаметр и другие величины [7].

Он определяется массовым содержанием частиц меньше заданного размера в отобранной из потока пробе.

Таким образом, необходимо отметить, что размер частиц является одной из основных характеристик, определяющих выбор типа аппарата или системы аппаратов для очистки газа. Крупная пыль легче мелкой оседает из газового потока и может улавливаться в аппарате простейшего типа. Для очистки газа от мелкой пыли зачастую требуется не один, а несколько аппаратов, установленных последовательно по ходу газов [7].

2.2 Физико-химические свойства пыли на цементном производстве

Свойства пыли на цементном производстве делятся на группы[3]:

1. Пыли могут образовываться при дроблении и транспортировке сырья; они имеют грубодисперсные компоненты (около 70 % частиц крупнее 5 мкм), а температуру и влажность окружающей среды.

2. В сушильных барабанах пыли сырья и добавок имеют повышенное влагосодержание (температура точки росы 40-60 °С), так же имеют большой диапазон колебаний концентрации аэрозоля 15 – 70м³.

3. В сырьевых мельницах пыль содержится в высокой концентрации до 500 г/м^3 и огромным количеством частиц тонких фракций от 5 мкм до 65%.

4. При сухом способе производства во вращающихся печах пыли имеют тонкий дисперсный состав частиц от 5 мкм до 75%. Так же пыли имеют высокое удельное электрическое сопротивление до 109 Ом-м и низкое влагосодержание (температура точки росы $29 - 44^\circ\text{C}$).

5. Во вращающихся печах с конвейерными кальцинаторами пыль имеет пониженное влагосодержание (температура точки росы $32 - 48^\circ\text{C}$) и содержат грубодисперсные частицы (80 % частиц размером свыше 5 мкм).

6. В клинкерных холодильниках пыль так же имеет низкое содержание влаги (температура точки росы до 30°C), имеет широкий диапазон колебаний температур от 90 до 290°C и содержанием грубодисперсных частиц (80 % частиц размером свыше 5 мкм)[3].

7. В цементных мельницах пыль имеет высокую входную концентрацию, которая достигает до 960 г/м^3 .

Большая часть пыли, а это больше 80% поступающей в атмосферу, выбрасывается за счет вращающихся печей, остальное количество пыли – цементными и сырьевыми мельницами (сухого способа производства), дробильно-сушильными установками, а также силосами хранения сырьевых материалов, добавок, клинка и цемента.

2.3 Основные типы современных аппаратов для улавливания пыли

Аппараты, которые применяются для очистки воздуха от пыли, разделяются на два основных вида: воздушные фильтры и пылеуловители. Такое разделение оборудования несколько условно, но тем не менее можно точно разграничить условия применения. Воздушные фильтры служат для очистки наружного воздуха, подаваемого в производственные помещения,

пылеуловители – для очистки воздуха, удаляемого системами аспирации, от пыли перед выбросом его в атмосферу[34].

В настоящее время можно обеспечить практически полное осаждение пыли, за счет современных аппаратов. Но не стоит забывать, что при эффективной работы аспирационной системы увеличиваются и затраты на эксплуатацию аппарата. Требования к очистке вентиляционных выбросов устанавливаются в зависимости от степени вредности выбрасываемой пыли и экономических соображений[35].

Принцип работы пылеуловителя заключается в следующем: запыленный газовый поток поступает в улиточный разгрузитель-пылеконцентратор, снабженный собственным пылеприемником, где поток освобождается от основной массы частиц. Неотсепарированные в пылеприемнике разгрузителя частицы концентрируются на стенке и выводятся в выносной циклон. Очищенный в разгрузителе-пылеконцентраторе поток поступает в противоточный пылеконцентратор. Здесь тонкая пыль концентрируется и выводится во второй выносной циклон. Поток с пылеконцентратом очищается в циклонах, присоединяется к основному очищенному потоку и поступает на вход дымососа[5]. Таким образом, осуществляется трехступенчатая очистка запыленного потока.

Эффективность пылеосаждения зависит от величины осаждаемых частиц. Чем крупнее пыль, находящаяся в загрязнённом воздухе, тем проще очистить воздух, воспользовавшись самым простейшим оборудованием. Пыль, обладая слипаемостью, влажностью, удельным весом, особенной геометрической формой, влияет на эффективность работы пылеуловителя. Для того, чтобы обеспечить высокий уровень пылеулавливания нужно учесть все факторы, то это практически невозможно. На данный момент в аппаратах применяют немногочисленные принципы осаждения пылевых частиц. Частицы выделяются в воздушном потоке из-за действия гравитационных сил. Силы достаточно малы, поэтому не происходит качественного очищения воздуха[6]. Достаточно широко применяют пылеуловители, которые основаны на действии

инерционных и электрических сил, а также пылеулавливание с помощью фильтрации запыленного воздуха через пористые материалы и осаждения пыли на смоченные поверхности, рукавные фильтры[10].

Инерционное отделение частиц в прямолинейных потоках происходит при обтекании препятствий. Осаждение пылевых частиц в этом случае обуславливается отклонением воздушных потоков при соприкосновении с перфорированными поверхностями, волокнами, каплями жидкости и т. п. Успешно или нет прошел процесс осаждения частиц определяется количеством частиц, которые пересекли контур препятствия. Выделение частиц объясняется торможением потока, несущего частицы, вблизи передней критической точки обтекания - точки застоя, образующейся у препятствия[35]. Скорость частиц замедляется, они теряют инерцию и в результате действия поперечных составляющих скорости потока выносятся параллельно поверхности.

Большую роль на количество осаждающихся частиц оказывает их способность к смачиванию. В случае, если частица обладает плохой способностью смачиваться, можно заметить на поверхности жидкости вогнутую форму, а именно силу натяжения поверхности жидкости, которая и мешает полностью погрузиться частице. Для того, чтобы снизить силу поверхностного натяжения воды и увеличить смачиваемость частицы добавляют специальные вещества, которые называются ингибиторами.

Дисперсный состав и свойства пыли оказывают влияния на выбор метода очистки и пылеуловителя[10].

При сухом способе производства количество сухих запыленных газов, выносимых из современных печей, на 25-45 % меньше, однако температура их достигает 350-400 °С, а масса тон ко дне пер ной пыли составляет 50-120 кг на тонну клинкера.

В нашем же случае применяется сухой способ производства цемента.

Основные преимущества производства цемента по сухому способу[12]:

- Уменьшение потребления топлива по сравнению с мокрым методом.

- Увеличение эффективности производства.
- Снижение затрат на ремонт и обслуживание оборудования.
- Относительное снижение требуемых площадей для размещения производственных объектов, что влечет за собой снижение затрат на строительство (в сопоставлении со строительством линии по мокрому методу такой же мощности).
- Улучшение качества атмосферного воздуха за счет снижения выбросов таких загрязняющих веществ, как оксиды азота и пыль.
- Снижения удельных выбросов CO_2 (тонна CO_2 /тонна произведенного клинкера).
- Более стабильное качество продукции.

2.4 Обеспыливания воздуха в конвейерных системах цементного производства

Процесс движения сыпучих материалов сопровождается значительным пылевыведением. Пылевые выбросы представляют собой опасность не только в связи с отравлениями и развитием профессиональных заболеваний, но и оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Основной причиной выноса пыли является эжекция - формирование направленных воздушных течений в потоке сыпучего материала за счет динамического взаимодействия падающих частиц с воздухом [12]. В [12, 13] приведены данные по интенсивности пылевыведений при перегрузках сыпучего материала в различных производствах. Пыление в узлах пересыпки зависит от степени диспергации сыпучего вещества. Методы и оценки диспергируемости порошковых материалов приведены в [14, 15]. В [15, 12] приведен обзор результатов исследований режимов движения сыпучего материала в различных условиях под воздействие гравитационных сил, а также эжекции воздуха потоком частиц. Характер движения сыпучего материала зависит от угла

наклона желоба к горизонтальной плоскости. При значениях θ , отвечающему условию $\theta_1 < \theta < \theta_2$ (где θ_1 , θ_2 – соответственно угол внешнего и внутреннего трения), движение материала происходит в связном режиме, при $\theta > \theta_2$ – движение в несвязном режиме. Переход одного режима движения в другой характеризуется критерием Фруда $Fr = gh/\bar{v}_1^2$, где h – глубина потока сыпучего материала, м; $\bar{v}_1$ – средняя скорость движения материала, м/с. При $Fr > 1,7$ концентрация частиц в материале соответствует концентрации частиц в неподвижном состоянии, в интервале $1,7 > Fr > 0,8$ – область критических значений, переходная область, $Fr < 0,8$ – несвязное движение[11].

Значительная часть частиц движется у дна желоба. Причем доля «придонных» частиц увеличивается с ростом расхода материала и с уменьшением расстояния от места падения потока на дно желоба. При малых расходах, когда мала концентрация частиц, преимущественно проявляется скачкообразное движение частиц, соударение частиц практически не происходит. Градиент концентрации частиц в поперечном направлении сравнительно невысок. При больших расходах концентрация частиц, опыт показывает, что количество вырвавшихся частиц и движущихся над потоком мало. Градиент концентрации велик.

Пространственная конфигурация маршрутов перемещения грузов предполагает пересыпки дисперсного материала с транспортера на транспортер. Обычно короб пересыпки имеет свою аспирационную сеть и пылеуловитель. Объединение нескольких коробов пересыпок в единую аспирационную сеть создает трудности при эксплуатации – выпадение материала из запыленного потока, образование отложений, трудности с поддержанием необходимого расхода воздуха во всех сечениях сети, повышенные энергозатраты на транспортирование больших запыленных объемов воздуха на большие расстояния к месту централизованной очистки. Количество пыли, отходящей только от одного короба пересыпки дробленого известняка, может составлять 200 кг/час. Количество воздуха необходимого для

аспирации коробов пересыпок конвейерных систем обычно не превышает 10–15 тыс. м³/час. В коробах пересыпки дисперсных материалов конвейерных систем, агломераты частиц в условиях повышенной влажности образуются при их взаимодействии друг с другом, при "блочном" сходе материала с конвейерных лент. Материал поступает в систему сгустками, поэтому концентрация частиц в потоке не стационарна. В условиях пониженной влажности на поверхностях частиц образуется одноименный электрический заряд, что обуславливает повышенную дисперсацию частиц[5]. Существенным недостатком современных отечественных систем аспирации является возврат уловленной пыли на ленту, которая с большой вероятностью перейдет во взвешенное состояние в следующем коробе пересыпки или при сбросе в склад. Это обстоятельство приводит к накоплению мелкой пыли по всем маршрутам материала и к ухудшению экологической обстановки, условий труда[5]. При централизованной системе аспирации расходы воздуха оставляют сотни тысяч кубов. На рис. 4. представлена схема аспирации.

В производстве цемента дробленое сырье из конвейеров через лотки ссыпается в распределительный склад, откуда грейферными кранами доставляется к мельничному оборудованию. На рис. 4. показана картина запыленности при отводе с конвейера и ссыпании материала в склад.

Кабина грейферного крана снабжена системой вентиляции с фильтрами для очистки воздуха. Склад изолирован от галерей с конвейерными транспортерами[5].

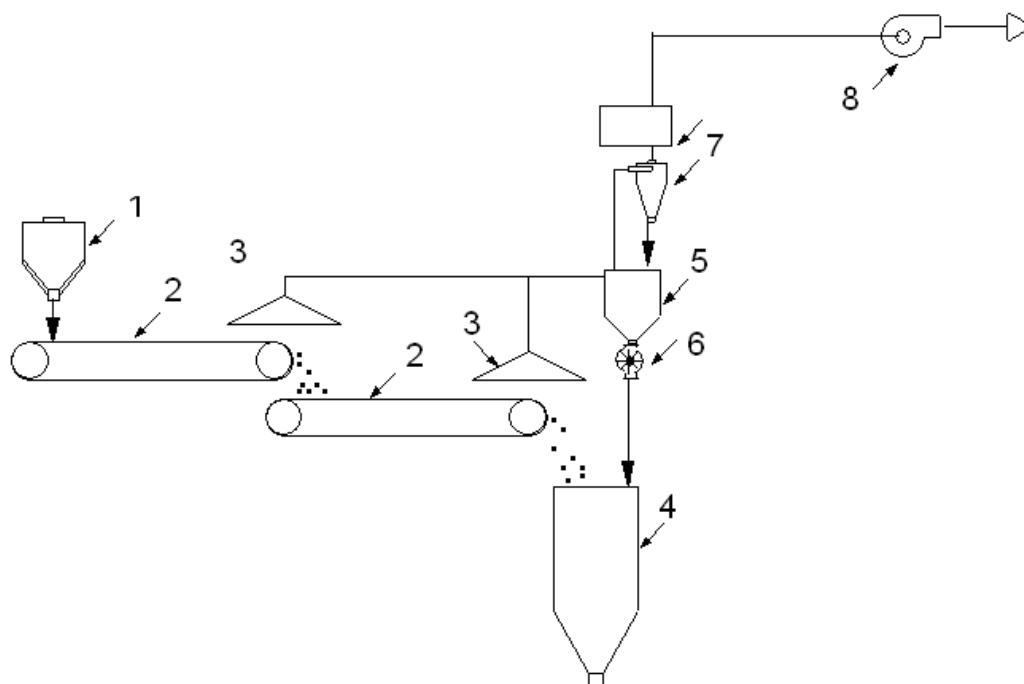


Рисунок 4 - Схема обеспыливания транспортеров

1—питатель; 2—транспортер; вытяжной зонд; 4—силосный склад;
5—приемный бункер; 6—шлюзовой разгрузитель; 7—циклон, фильтр;
8—воздуходувка.

Если аспирация отсутствует, то прорывающийся из пересыпных коробов запыленный воздух распространяется по галереям, и концентрация пыли превышает ПДК на порядки



Рисунок 5 - Выделение пыли при ссыпании материала из конвейера в склад

Основная трудность проектирования аспирационных систем — в ограниченном объеме размещения необходимого оборудования[5].

На Джизакском цементном заводе используются для обеспыливания воздуха только рукавные фильтры, далее будут рассмотрены преимущества, недостатки, принцип действия и способ применения данной аспирационной системы, а так же возможные альтернативные аспирационные системы.

2.5 Способы очистки воздуха на производстве

В последние годы при относительно небольших затратах на разработку, сооружение спроектировано и внедрено большое число эффективных систем очистки газопылевых выбросов, простых и надёжных в эксплуатации, оснащенных средствами экологического мониторинга.

Естественно, что для каждого конкретного производства в систему могут быть внесены те ли иные изменения. Например, если газоход непосредственно и герметично присоединен к источнику загрязнения, в ней может отсутствовать пылезаборное устройство. Система газоходов имеется в любой ПГУ и может выполняться из различных материалов. Чаще всего к ним предъявляются требования обеспечения устойчивости к повышенным температурам и минимальным гидравлическим сопротивлениям. В целом работа систем и пылеулавливающих аппаратов характеризуется следующими техническими показателями[8]:

1. Степенью очистки газов от пыли (эффективностью пылеулавливания, коэффициентом полезного действия пылеулавливающего аппарата, степенью пылеулавливания, коэффициентом проскока пылевых частиц), определяемой в относительных единицах или процентах. Однако в некоторых случаях в качестве показателя работы аппарата принимают абсолютную величину концентрации частиц в очищенных газах (в г/м^3 или мг/м^3 сухого газа).

2. Гидравлическим сопротивлением аппарата (КПа, кгс/см^2 или мм вод. ст.).

3. Расходом электроэнергии на очистку 1000 м^3 газов (МДж или кВт*ч).

2.5.1 Рукавные фильтры

Экономически выгодным способом резкого уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу в некоторых случаях является реконструкция

электрофильтров на рукавные фильтры с использованием существующих корпусов и вспомогательного оборудования. Выбор оптимального решения для каждого предприятия производится с учетом конкретных условий и технологических параметров работы установок газоочистки[13].

Рукавные фильтры расширяется и применение рукавных фильтров - этому способствует появление на рынке новых фильтровальных материалов с повышенной температурной и химической стойкостью. Электрофильтры в значительной мере уступают рукавным фильтрам по конструктивным особенностям, связанным с выносом пыли при встряхивании с последних полей, невозможностью достижения высокой эффективности при улавливании пылей и др.[14]. При этом следует отметить, что энергетические затраты с учетом энергопотребления высоковольтными источниками питания при эксплуатации рукавных фильтров и электрофильтров, отличаются незначительно.

Кроме того, рукавные фильтры являются экономически выгодными для строительства и возводятся быстрее. Стойкость фильтровальных элементов обеспечивает работоспособность рукавных фильтров без замены рукавов не менее 3-5 лет, а в некоторых случаях и более. Фильтры легко обслуживаются и управляются. Перечисленные преимущества рукавных фильтров объясняют повышенный интерес к ним во всем мире. Так, к 2009 г. прогнозируется увеличение объема мирового рынка рукавных фильтров на 34% [2].

Главным недостатком рукавных фильтров является наличие значительных подсосов воздуха. В исправных рукавных фильтрах концентрация пыли на выходе из аппарата обычно не больше 20 мг/м³. При применении высокоэффективных фильтровальных материалов и улавливания волокнистых пылей на выходе может понижаться до 2 мг/м³ и менее[14].

Конструкция рукавных фильтров представлена корпусом, в котором размещены тканевые рукава (мешки). Верхние концы мешков оснащены крышками и подвешены к общей раме. Нижние концы мешков открыты и крепятся на патрубках общей трубной решетки (рис.6).

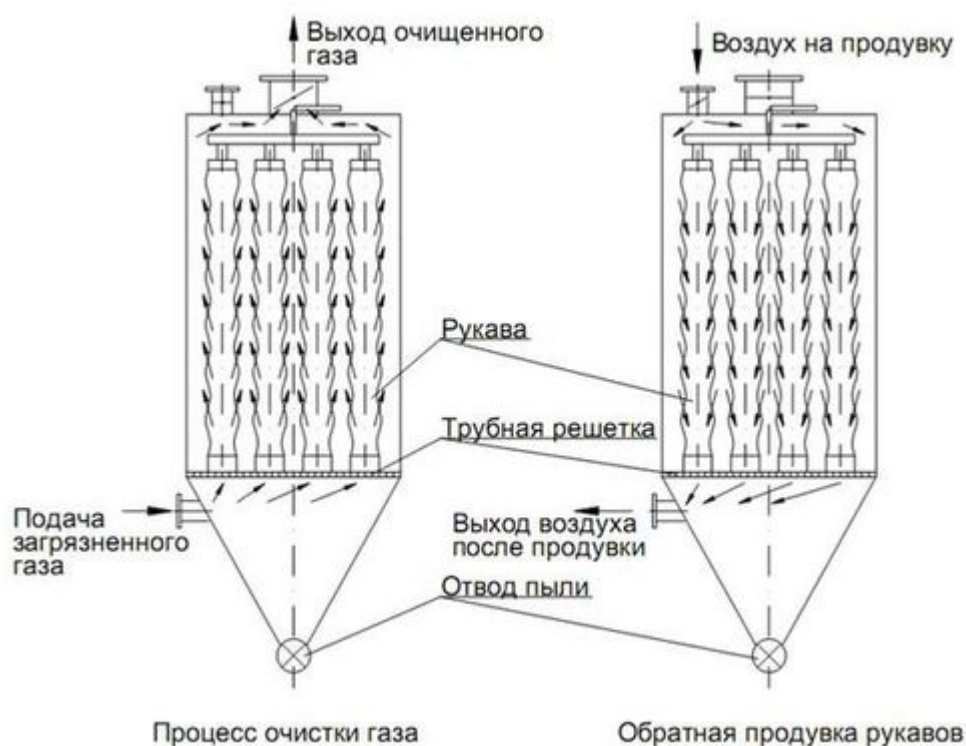


Рисунок 6 – Схема рукавного фильтра

2.5.1.1 Принцип работы рукавного фильтра

Загрязненный газ проходит сквозь ткань рукавов изнутри наружу. Частицы пыли осаждаются в порах ткани, а чистый газ выводится посредством выхлопной трубы. По мере того, как растет слой пыли, возрастает сопротивление ткани. Для профилактики, рукава систематически встряхивают при помощи специального кулачкового механизма. Существуют устройства, которые оснащены системой продува мешков. В таких системах направление воздуха обратно движению очищенного газа. Процесс продувки и встряхивания осуществляется с периодичностью 5-20 минут и продолжается 5-20 секунд. Данные устройства разбиты на несколько секций, которые работают попеременно. Рабочий режим и режим очистки переключаются автоматически[14].

Эффективность рукавных фильтров, прежде всего, зависит от выбора фильтровального материала.

Современные рукавные фильтры оснащаются мешками из высокопрочных и теплостойких тканей[9]:

- ткань из волокна орлон;
- стекловолоконная ткань;
- байка с добавлением капроновых волокон.

Еще одним из преимуществ применения рукавного фильтра является хорошая ремонтируемость аппарата. Рукавный фильтр состоит из унифицированных узлов и механизмов, поузловая замена которых не требует высокой квалификации работников, ремонт может проводиться при работающем режиме фильтра ремонтной бригадой[6].

Наблюдение за работой фильтра осуществляется через смотровые окна, предусмотренные в камерах «чистого» газа корпуса системы регенерации. Система фильтра допускает осуществлять замену рукавов на отсеченном от фильтруемых газов блоке без остановки тягодутьевого оборудования. Все ремонтные работы, замене рукавов проводятся только с чистой стороны фильтра.

Замена фильтровальных рукавов рукавного фильтра обеспечивает надёжный процесс обеспыливания воздуха на весь срок службы фильтра. Так же за все время эксплуатации фильтра всё чаще возникают условия, которые быстрее изнашивают фильтр, например, увеличение темпов производства, изменение технологического процесса газоочистки и т.д. Взаимодействие частиц с плоской поверхностью иногда называют «прилипанием», а взаимодействие частиц между собой «слипанием». Надежность работы фильтра зависит от налипаемости и слипаемости частиц (адгезии и аутогезии). Адгезию часто трактуют как молекулярную связь двух соприкасающихся разнородных тел (фаз). Микроскопические частицы в воздушной (газовой) среде прилипают к твердой поверхности не только за счет молекулярных сил, но и под действием капиллярных сил жидкости, конденсирующейся в зазоре между контактирующими телами, под действием двойного электрического слоя, образующегося в зоне контакта, а также кулоновского взаимодействия и других

причин. Кулоновские силы возникают между заряженными частицами и могут значительно превосходить молекулярные[16].

Известны способы повышения эффективности работы фильтров путем увеличения сил аутогезии между частицами. Частицы под действием электрического поля слипаются и укрупняются, а затем прилипают к поверхности в виде игольчатых образований. Укрупнение частиц способствует росту удельного сопротивления слоя и его адгезии[16].

Удаление слоя частиц зависит от соотношения сил адгезии и аутогезии. Адгезионный отрыв прилипшего слоя (денудация) определяется скоростью воздушного потока и силой адгезии. Аутогезионный отрыв (эрозия) зависит не только от сил аутогезии и скорости воздуха, но и от времени воздействия воздушного потока. Следовательно, отрыв как монослоя, так и слоя прилипших частиц при прочих равных условиях определяется скоростью воздушного потока. В свою очередь скорость потока, необходимая для отрыва, прилипших частиц, будет определяться и размером этих частиц[16].

С учетом всем условий следует применять новые материалы для фильтров, которые обеспечат новые проектные параметры.

Подводя итог, можно заметить, что обновлять фильтр можно не останавливая процесс производства.

2.5.1.2 Расчет производительности рукавного фильтра

Фильтрационное пылеулавливание применяется для очищения газа от пыли, которая имеет размер 0,1-100 мкм.

Показатель производительности рукавных фильтров определяется удельной нагрузкой ткани (объем загрязненного газа в м^3 , который проходит через 1 м^2 ткани за один час). Удельная нагрузка ткани, из которых изготовлены фильтрующие мешки, как правило, находится в диапазоне от 120

до $150 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Верхний температурный предел ткани определяет температуру подаваемого газа, который часто приходится охлаждать[15].

Рукавные фильтры работают при практически постоянной скорости фильтрации. Следовательно, время между встряхиваниями рукавов определяется перепадом давления, который возрастает при увеличении толщины осадка на рукаве ($\Delta h = 2\text{-}3 \text{ кПа}$). При определении скорости фильтрации учитывается материал, из которого изготовлен рукав, а также свойства пыли. Такая скорость находится в пределах от 50 до $200 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Если производительность по газу $V \text{ м}^3/\text{ч}$, то необходимая суммарная производительность рукавов вычисляется как $F = v/c \text{ м}^2$. При этом количество рукавов, имеющих диаметр d и длину l , составляет[3]:

$$i = \frac{F}{\pi} * \delta l = \frac{V}{\pi * c} * \delta l \quad (1)$$

Для того чтобы повысить производительность рукавных фильтров, они постоянно регенерируются при помощи непрерывной продувки сжатым газом.

Основным достоинством рукавных фильтров является высокое качество очистки газа от пыли.

На Джизакском заводе используются только рукавные фильтры для очистки воздуха от пыли, но в качестве используемых вариантов очистки воздуха на производстве рассматривается и другое оборудование для очистки воздуха, которые может стать альтернативной заменой рукавным фильтрам.

2.5.2 Пылеуловители

Пылеуловители (рис.7) – это устройства, предназначенные для улавливания пыли и мелких частиц механического содержания, а также прочих примесей из потоков воздуха во время работы вытяжных и аспирационных устройств в газоочистных установках и пневматических устройствах.

Пылеуловители делятся в зависимости от типов их работы и по их назначению[9]:

- гравитационные пылеуловители;
- инерционные устройства;
- пылеуловители контактные;
- пылеуловители электрического действия.

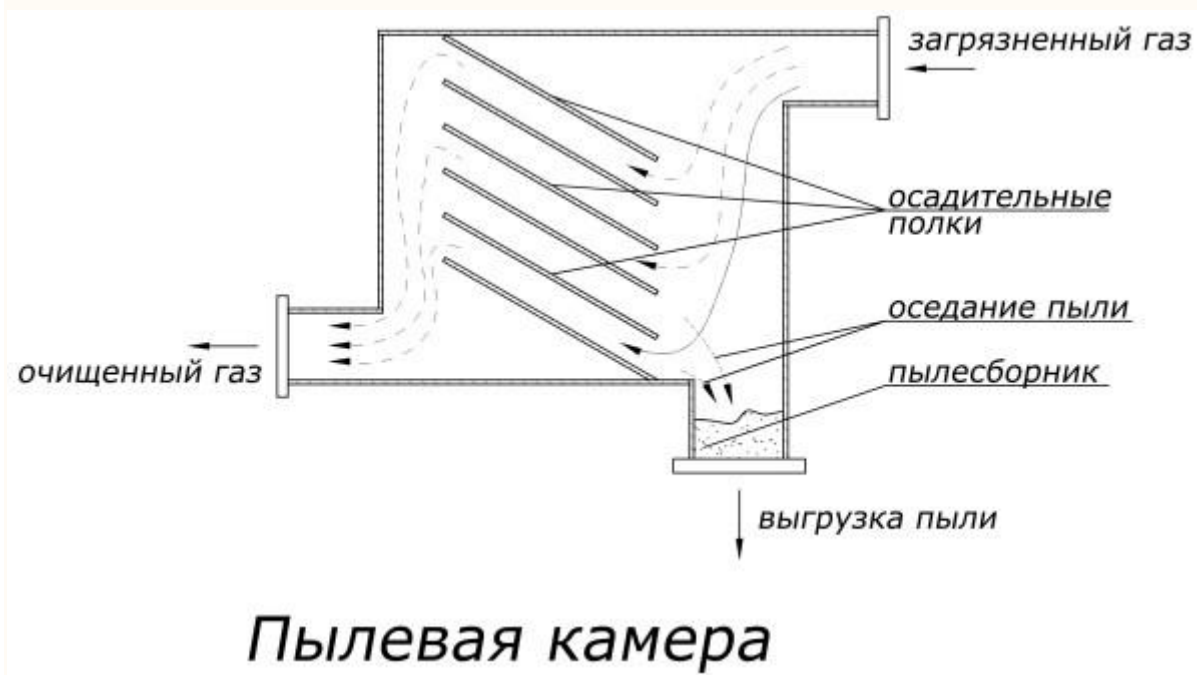


Рисунок 7 – Процесс очищения воздуха в пылеуловителе

Гравитационные пылеуловители представляют собой устройства, основанные на действии силы тяжести, заставляя частицы пыли и примеси оседать из воздуха, который они очищают. Сюда относятся пылеосадительные камеры, которыми оснащаются системы промышленных вентиляций и газоочисток. Они считаются наиболее подходящими для крупных промышленных установок, так как способны улавливать крупные частицы пыли и механических примесей. Пылеосадительные камеры бывают прямоточными, лабиринтными и полочного вида[9].

Инерционные пылеуловители бывают мокрого и сухого действия, что определяется методом их работы.

Мокрые пылеуловители (скрубберы), основанные на действии центробежной силы, были вкратце упомянуты выше. Другая их разновидность - циклоны, принцип работы которых основан на промывании. Они как бы увлажняют воздух, пыль при этом становится тяжелой и осаживается. Для работы такого устройства необходим бак с водой, вода в котором находится под напором.

По принципу центробежной силы работают и сухие инерционные пылеуловители, но их работа напоминает вентиляторы, когда воздух, сотрясаясь, освобождается от пыли и примесей[7].

Итак, для каждого типа производства необходимо свое газоочистное сооружение или установка, конструктивное исполнение которого или которой будет определяться типом промышленного производства и характером и составом загрязненных выбросов. При очистке газа предусматривается решение следующих задач[11]:

- применение очищенного газа;
- применение ценных примесей, выделенных из газа и используемых отдельно от него;
- процесс обезвреживания газа перед выбросом его в атмосферу.

2.5.3 Циклоны

Циклоны являются устройствами инерционной очистки газа и, находят большой спрос в промышленности, обеспечивают более быструю и качественную очистку газа. Это достигается при воздействии на газ центробежной силы. Конструкция циклона представляет собой резервуар, имеющий цилиндрическую форму с коническим дном, где расположена выхлопная труба. По трубопроводу газ поступает в циклон(рис.8). Вращаясь вокруг выхлопной трубы трубопровода, газ под влиянием центробежной силы

отбрасывает твердые частицы с большей массой к периферии. Прилипшие к стенкам циклона частицы высыпаются через его коническую часть[13].

Газ по окончании очистки покидает циклон через выхлопную трубу, а твердые частицы, которые скапливаются в конической части циклона, периодически выводятся через патрубок.

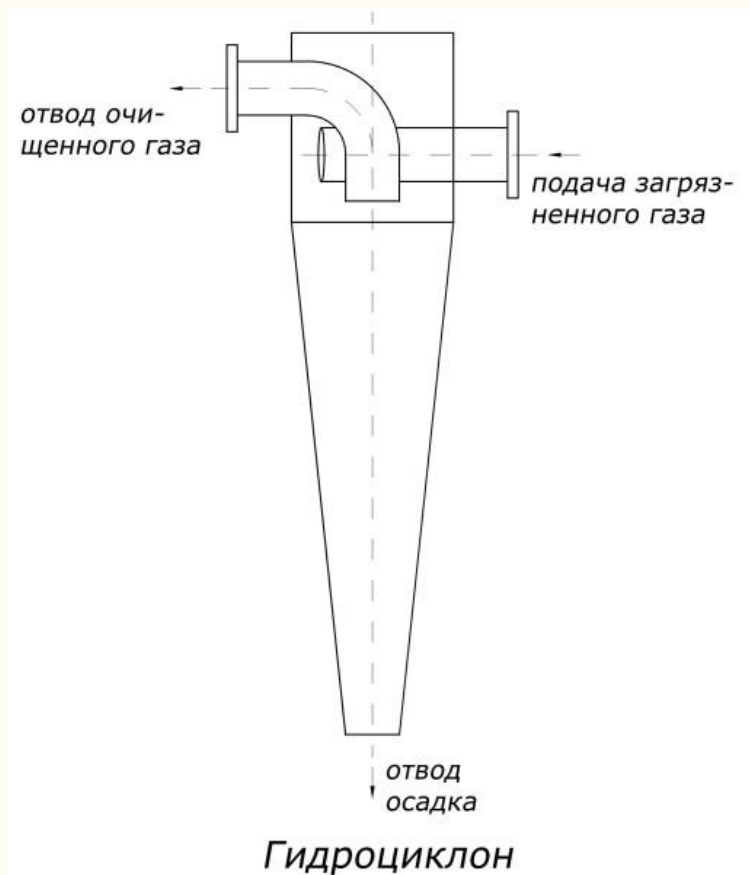


Рисунок 8 – Процесс очистки воздуха в циклоне

При инерционной очистке газа осаждение частиц происходит, когда вес частиц или скорость их движения таковы, что их совместное движение вместе с газом в направлении потока становится невозможным. Под действием инерционных сил частицы, сталкиваясь с препятствием, осаждаются на нём, а поток газа продолжает свое движение, огибая данное препятствие. Устройства для инерционной очистки используются для предварительной очистки, служат для разгрузки в системе пневмотранспорта, функционируют как искроуловители[13]. Рынок газоочистного оборудования для газоочистки имеет сегодня большой выбор разнообразных по конструкции циклонов: одиночных,

групповых, батарейных, прямоточных циклонов и пр. Однако не следует забывать, что циклоны не могут служить последней ступенью очистки, так как не могут улавливать частицы размером менее 5-7 мкм, и при этом имеют значительное гидравлическое сопротивление.

Рассмотрим метод электроосаждения, который состоит в том, что капельки малого размера и частицы получают заряд от ионов газа поля высокого напряжения, двигаясь затем к заземленному осадительному электроду[10]. Попадая на электрод, частицы прилипают к нему, и происходит их разряд. После того, как осадительный электрод будет покрыт слоем частиц, они при постукивании стряхиваются в бункер. Система, однако, не считается полностью статической, так как переносимые частицами и ионами газа заряды создают невысокий ток. Поэтому среди многих исследователей принято определять этот тип установки как «электроуловитель». В электрофильтрах очищают газы в очень больших объемах при отсутствии опасности взрыва. Ими улавливают летучую золу на современных электростанциях, где в котлах сжигается пылевидное топливо, улавливают пыль в цементной и в металлургической промышленности при улавливании дыма, в химической промышленности улавливают частицы и капли тумана (деготь, фосфорная кислота, серная кислота)[10].

Благодаря высокой продолжительности жизненного цикла очищение газов электрофильтрами представляет собой самый распространенный метод очистки газов и газовых смесей у нас в стране, а в отечественной энергетике они держат первенство среди всех имеющихся систем очистки. Но для очистки взрывоопасных сред электрофильтры не применяют.

Сильно влияют на эффективность очистки в электрофильтре используемые высоковольтные источники питания, которые могут быть однофазными, трехфазными и высокочастотными приборами с напряжением от 50 до 150 кВ и током от 100 до 4000 мА импортного производства. Они позволяют значительно повысить эффективность процесса очистки или заметно уменьшить габариты электрофильтров[11].

Экономически целесообразно использовать электрофилтры для очистки больших объемов газов. К недостаткам электрофилтров можно отнести их высокую цену, чувствительность процесса очистки электрофилтрами к отклонениям от заданных параметров процесса и к механическим дефектам комплектующих частей оборудования.

3 Устойчивость процесса газоочистки в рукавных фильтрах

3.1 Расчет рукавных фильтров

Процесс очистки в рукавных фильтрах происходит за счет фильтрации пыли через ткань, которая встроена в герметичный корпус в виде сшитых отдельных рукавов. В не зависимости от конструкции рукавного фильтра он представляется как разборный шкаф, который разделён вертикальными перегородками на секции. В этих секциях находятся фильтрующие рукава цилиндрической формы, и обтянуты специальной тканью по корпусу металлического каркаса. Рукава систематически очищают от скопившейся пыли с помощью встряхивания, либо специального механизма обратной продувки воздуха[3]. Рукавные фильтры бывают напорного или же всасывающего вариантов. Рукава изготавливают из плотных тканей, например, лавсана или капрона, чаще всего с начесом, для лучшего задержания частиц пыли. При накоплении пыли повышается и эффективность фильтрации запыленного воздуха, так как этот слой является дополнительным фильтрующим элементом. Эффективность очистки воздуха от пыли у рукавных фильтров составляет 98 % и выше, однако они очень громоздки и создают довольно большое сопротивление проходу воздуха — до 1000 Па. Основные параметры рукавных фильтров, выпускаемых промышленностью, указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики рукавных фильтров

Марка фильтра	Площадь поверхности фильтрации, м ²		Число элементов			Диаметр рукава, мм	Длина рукава, мм	Масса фильтр, кг
	общая	рабочая	секций	рукавов в секции	рукавов в фильтре			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ФВК -30	30	15	2	18	36	135	2060	1053
ФВК -60	60	45	4	18	72	135	2060	1682
ФВК -90	90	75	6	18	108	135	2060	2300
ФРМ 1-6	126	105	6	10	60	135	2060	5776
ФРМ 1-8	168	147	8	10	80	135	2060	7147
ФРМ 1-9	210	189	10	10	100	135	2060	8633
ФВВ -45	45	30	3	18	54	135	2060	1735
ФВВ -60	60	45	4	18	72	135	2090	2135
ФВВ -90	90	75	6	18	108	135	2090	2935
ФТН С-4	12	12	1	4	4	385	2500	950
ФТН С-8	24	24	2	4	8	385	2500	990
ФТН С-12	36	36	3	4	12	385	250	1485

При невысоких концентрациях пыли ($200...5000 \text{ мг/м}^3$) в очищаемом воздухе рукавные фильтры – единственная ступень очистки, а при высоких концентрациях (более 5000 мг/м^3) перед ними устанавливают циклоны[16].

Рукавные фильтры рассчитывают в следующем порядке. Сначала вычисляют необходимую площадь фильтрации, м^2 :

$$S = \frac{Q}{q_B}, \quad (2)$$

где Q – расход очищаемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

q_g – удельная воздушная нагрузка, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, при отсутствии данных можно принять $q_g = 50 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Затем определяют требуемое число рукавных фильтров

$$n_p = \frac{S}{S_1}, \quad (3)$$

где S_1 – суммарная площадь ткани рукавов в одном фильтре, м^2

Фактическую воздушную нагрузку на ткань, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, рассчитывают по формуле:

$$q_\phi = \frac{Q}{(S_1 * n_p)}, \quad (4)$$

Рукавный фильтр с определенными расчетом параметрами должен обеспечить эффективность очистки воздуха от пыли не ниже 98 %.

3.2. Режимы регенерации

Существуют разные конструкции матерчатых фильтров.

Большую распространённость получили фильтры цилиндрические фильтры – рукавные фильтры. Эффективность пылеулавливания рукавными фильтрами составляет 98 – 99,9 %. Гидравлическое сопротивление их лежит в пределах 1000-3000Па, наработка на отказ определяется 10000-20000час.

Рукавные фильтры зарекомендовали себя как устойчивое и надёжное средство обеспыливания, их широко применяют в разных производствах[8]:

- на тепловых электростанциях для улавливания летучей золы при сжигании угля или нефти.
- в системах аспирации при пересыпке, транспортировке, упаковке сыпучих высокодисперсных порошковых материалов.
- на заводах черной металлургии для очистки газов после мощных электродуговых сталеплавильных печей.

- на заводах цветной металлургии для очистки газов после печей производства кремния и выплавки алюминия.
- в энергетике - после котлов, сжигающих каменный уголь.
- в производстве строительных материалов после мельниц и обжиговых печей.
- на предприятиях химической промышленности для очистки газов в процессе мокрой грануляции сажи, при получении и обработке порошков и пылевидных материалов.

3.2.1 Регенерация рукавных фильтров

При непрерывной работе матерчатых фильтров происходит процесс постепенного откладывания пыли в порах фильтрованного материала и на его поверхности. По мере увеличения откладывания пыли увеличивается и гидравлическое сопротивление работы оборудования. Если в процессе технологического процесса не уделять должного внимания чистки фильтра, то может произойти «запирание фильтра», то есть не будет тяги для втягивания газа через закупоренную фильтровальную преграду. В результате будет уменьшаться коэффициент полезного действия работы фильтра, так как фильтровальная перегородка будет забита слоем пыли, в следствии может прекратиться перемещение газа через фильтр. Для обеспечения бесперебойной работы рукавного фильтра следует систематически убирать пыль с поверхности фильтровального материала[14].

Но если посмотреть с другой стороны на закупоривание фильтра пылью, то это даже является полезным для препятствия пропускания более мелкой пыли, слой пыли является фильтрующей средой. Поэтому рекомендуют убирать с поверхности фильтра не полностью весь слой осевшей пыли, а некоторую часть, чтобы обеспечить приемлемое гидравлическое сопротивление аппарата и обеспечить наивысшую работу фильтра. Процесс удаления пыли снаружи и внутри фильтровального материала принято называть регенерацией,

то есть частичный возврат к первоначальным характеристикам фильтровальной перегородки[16].

3.2.2 Классификация рукавных фильтров по способу регенерации фильтровального материала.

1. Механическое встряхивание является основным способом регенерации фильтров. Происходит периодическое встряхивание в вертикальном и горизонтальном направлениях[14].

Преимущества рукавных фильтров с вибровстряхиванием:

-Постоянное удаление слоя пыли
-Простота в эксплуатации и обслуживании.

- Для регенерации необходимо только напряжение для питания вибратора.

Недостатки рукавных фильтров с вибровстряхиванием:

- Из недостатков стоит отметить сложность работы данного механизма, который требует непрерывного внимания у работников, которые обслуживают аппарат, возможны истирание и заломы рукавов в одних и тех же местах, так же присутствует необходимость на некоторое время отключения фильтра или его отдельной части для проведения очистки от пыли.
- Поверхностная регенерация фильтровальных рукавов со слабой очисткой пор фильтровального материала.
- Невозможность использования в взрывоопасных средах. Вибрация стальной плиты на стальных опорах может привести к возникновению искры.

2. Существует еще один достаточно эффективный метод регенерации фильтров. Заключается он в обратной продувке очищенным газом или напорным воздухом. Смена направления воздушного потока частично очищает поры фильтровального материала, осуществляя регенерацию. Данный метод применяется вместе с механическим встряхиванием, переключением, вибрацией, покачиванием руками и другими методами регенерации. Данный метод имеет некоторые недостатки, а именно при обратной продувке

происходит плавная деформация фильтровального материала, которая действует отрицательно в меньшей степени нежели механическое встряхивание[14].

3. Существует еще один эффективный способ регенерации – это импульсная продувка. Конструкция кардинально отличается от предыдущих рассматриваемых типов регенерации, так как у данного типа механизма нет дросселей, обдувочных вентиляторов, а так же встряхивающих механизмов. Этот вариант очень компактный для размещения в рабочей камере фильтра[14].

Преимущества рукавных фильтров с импульсной продувкой:

- Универсальность применения - подходят в том числе и для взрывоопасных сред;

- Лучшая (по сравнению с механической) регенерация фильтровального материала, т.к. происходит не только поверхностная очистка рукавов, но очистка пор импульсом сжатого воздуха.

Недостатки рукавных фильтров с импульсной продувкой:

- Требуется наличие сухого сжатого воздуха (обычно решается установкой компрессора необходимой производительности вблизи фильтра и фильтра-влагомаслоотделителя).

- Большая стоимость оборудования - импульсные клапана импортного производства.

Описанные способы очистки воздуха от вредных примесей являются эффективными для данного производства. Загрязненный воздух проходит через ткань фильтровальных рукавов в направлении из рукава наружу или наоборот внутрь. Регенерацию фильтровальных рукавов проводят после предельного накопления определенной величины пыли на фильтровальной поверхности рукава. Рукавный фильтр очень универсален, его конфигурация и габаритные размеры могут быть различны, с учетом размера рабочей зоны под рукавный фильтр.

4 Усовершенствование систем воздухоочистки

4.1 Повышение эффективности аспирационных систем

Грамотная автоматизация систем аспирации позволяет уменьшить производственные издержки и приносит экономический эффект.

Помимо вышеуказанных способов энергосбережения в системах аспирации, необходимо затронуть вопрос дополнительной автоматизации аспирационных систем, что выливается в увеличение первоначальной стоимости оборудования, но, благодаря снижению энергопотребления, достаточно быстро окупается.

Далее будут рассмотрены некоторые методы для повышения эффективности аспирационных систем[9]:

- Автоматизация регулирования скорости вращения вентилятора централизованной системы аспирации. Часто одна центральная аспирационная система обслуживает несколько технологических единиц оборудования, которые не всегда работают одновременно. Например: две мельницы помола обслуживает одна аспирационная система. Если скорость вентилятора не регулируется, то количество удаляемого воздуха (а стало быть, и потребляемая мощность вентилятора) будут всегда одинаковы, даже если работает только одна мельница. Автоматизация позволяет осуществлять автоматическую регулировку скорости вращения (а стало быть, и потребляемой мощности) в зависимости от количества работающих единиц оборудования. Реализуется с помощью управляющих контроллеров и частотных преобразователей системы автоматики и датчиков давления (разряжения), установленных внутри производства. Стоимость такой системы, на сегодняшний день, довольно велика, но экономический эффект явно положительный (срок окупаемости 1-1,5 года).

- Применение цифровых контроллеров в управлении системой аспирации. Позволяет гибко настраивать логику работы аспирационной системы без дополнительных финансовых затрат – простой перенастройкой

управляющей программы[3]. Оснащает систему аспирации интеллектуальными функциями, например такими, как более интенсивная продувка систем перед полной длительной остановкой (снижение издержек на сервисное обслуживание и расходные материалы, увеличение долговечности ГО).

Степень очистки воздуха на производстве в этом случае должна быть не ниже 97%. Расчеты, сделанные по ОНД 86 для трубы высотой 30 м. для системы аспирации, производительностью 20 000 м³/ час (ПДК для цементной пыли равен 6 мг /м³) показали, что эксплуатация такой системы с учетом затрат на электропотребление (энергопотребление вентилятора + стоимость нагрева приточного воздуха) может составить примерно 50\$ в день(на момент начала 2016 года). Для системы аспирации, производительностью 20 000 м³/час первоначальные затраты и затраты на эксплуатацию в течение года составят примерно 36 000 \$ или примерно 1 000 000 руб. (включая стоимость оборудования и реализации проекта)[14].

Все вышеуказанные методы помогут избежать повышения содержания пыли в производственных цехах, повышение концентрации вредных веществ в выбрасываемую атмосферу, ускоренный износ технологического оборудования и риск простоев, увеличение производственных издержек на сервисное обслуживание и расходные материалы.

4.2 Техника безопасности при эксплуатации рукавных фильтров

Инструкция по технике безопасности при обслуживании рукавных фильтров должна быть вывешена на всех рабочих местах. Знание правил и инструкции по технике безопасности обязательно для всего оперативного персонала установки. Ниже приведены основные мероприятия по технике безопасности, необходимые при эксплуатации тканевых фильтров. При фильтрации взрывоопасных пылей необходимо использовать фильтры и вентиляторы во взрывобезопасном исполнении и работать только под разряжением[17]. Не следует допускать накопления пыли в газоотходах,

бункерах, в чистой зоне корпуса фильтра и других местах, а в местах вероятного скопления пыли необходимо предусматривать люки для прочистки. Следует устранять возможные источники образования искр и скопления электростатических разрядов. Необходимо тщательно контролировать проведение сварочных работ при ремонте установок.

При фильтрации взрывоопасных воздушных паровоздушных смесей концентрация взрывоопасных паров не должна превышать 50% нижнего предела взрываемости. Оборудование во избежание накопления больших зарядов статического электричества должно быть тщательно заземлено[17]. При возникновении пожара на установке следует выключить вентиляторы и принять меры для ликвидации пожара; Вызвать пожарную команду, закрыть клапаны и с помощью огнетушителей погасить горящие рукава или горящую пыль, удаленные из фильтра (тушение пожара внутри фильтра запрещается). Необходимо тщательно выполнять инструкцию по технике безопасности при обращении с токсичными продуктами.

Взрыв пыли органических веществ возможен при следующих одновременно действующих условиях: концентрация пыли находится между нижним и верхним значениями взрывных концентраций; в зоне облака пыли имеется источник тепла, температура и мощность которого достаточны для воспламенения; количество кислорода в воздухе достаточно для поддержания начавшегося горения[17].

При обеспыливании вентиляционного воздуха от взрывоопасной пыли необходимо непрерывно удалять уловленную пыль за пределы фильтра[17]. Газоходы должны быть заземлены, а для периодической очистки и промывки их в местах поворотов установлены люки.

4.3 Модернизация рукавных фильтров газоочистных установок

В качестве нововведения на цементном производстве для улучшения процессов аспирации загрязнённого воздуха предлагается ввести в

эксплуатацию фильтровальный рукав нового типа 3DESA- фильтрпатрон разработан ООО ДЕСА для рукавных фильтров газоочистных установок (ГОУ). Так как ОА «АГМК» уделяет значительное внимание снижению пылевых выбросов в атмосферу, проводит работу по изучению возможностей снижения эмиссии пыли после рукавных фильтров. Работа фильтра характеризуется следующими показателями:

Расход воздуха на очистку – $5000 \text{ м}^3 / \text{ч}$;

Число фильтровальных рукавов – 112;

Размер фильтровальных рукавов – длина 2500 мм, диаметр 125 мм;

Используемый фильтровальный материал – нетканый полиэстр;

Газовая нагрузка на единицу площади – $0,8\text{--}1,1 \text{ м}^3 / \text{мин}$;

Состав пыли – цементная;

Распределение частиц пыли по размерам – $< 2,0 \text{ мкм}$ 90,07 %;

Концентрация пыли на входе в фильтр – $250 \text{ г} / \text{м}^3$;

Концентрация пыли на выходе из фильтра – $10 \text{ мг} / \text{м}^3$;

Срок эксплуатации рукавов – один год;

Фильтровальные рукава следует располагать в цилиндрическом корпусе фильтра вертикально на расстоянии 45 мм друг от друга (рис. 9).



Рисунок 9 – Фильтровальные рукава

Крепление рукавов в рукавной плите имеет специальную конструкцию. Каркас фильтровального рукава представляет собой цилиндрическую корзину с разрезным пружинным кольцом в оголовнике (рис. 10).



Рисунок 10 - Каркас фильтровального рукава

Особенностью используемых фильтров является плотное расположение рукавов уменьшенного диаметра (обычно 135–150 мм) для улавливания тонкой пыли больших входных концентраций. Снижение после фильтрации эмиссии тонкой пыли (менее 2,0 мкм) высокой входной концентрации (250 г/м^3) требует уменьшения скорости фильтрации до 0,3–0,5 м/мин. При этом установка нового, более производительного аппарата, либо увеличение габаритов аппарата ограничены имеющимся пространством. Предложение ООО ДЕСА заключается в замене фильтрующих элементов. Расчеты показывают, что замена фильтровальных рукавов новыми – типа 3DESA-фильтрпатрон увеличивает площадь фильтрации в 2,5 раза. Однако плотная упаковка рукавов – существенный недостаток такого решения. В результате проверки работоспособности нового фильтровального рукава в этих условиях разработана модификация фильтровального рукава 3DESA-фильтрпатрон (ТУ ТУ4153-002-49413452–2010) для рукавного фильтра. Для эффективной работы фильтровального рукава 3DESA-фильтрпатрон потребовалось уменьшение

диаметра каркаса. С целью проверки работоспособности фильтровальных рукавов 3DESA-фильтрпатрон изготовлены три образца рукавов с новыми каркасами (рис. 11), вмонтированные в действующий рукавные фильтры на цементном производстве. За время испытания (18 мес.) не обнаружено пропуска пыли через рукава. При осмотре новых фильтровальных рукавов какие-либо их повреждения или разрушения отсутствовали.



Рисунок 11 – Образец рукава с новыми каркасами

Можно сделать вывод о том, что использование фильтровальных рукавов нового типа 3DESA-фильтрпатрон позволяет модернизировать рукавные фильтры с плотным расположением рукавов путем замены рукавов и каркасов, что снижает газовую и пылевую нагрузки на рукавный фильтр в 2,5 раза.

5 Методы контроля процессов сепарации в аппаратах

5.1 Определение запыленности потока

Рассматриваются схемы с индивидуальными аппаратами, а также комбинированные системы последовательной очистки воздуха с инерционными аппаратами и фильтрами. На рис.12 показана схема последовательного включения аппаратов.

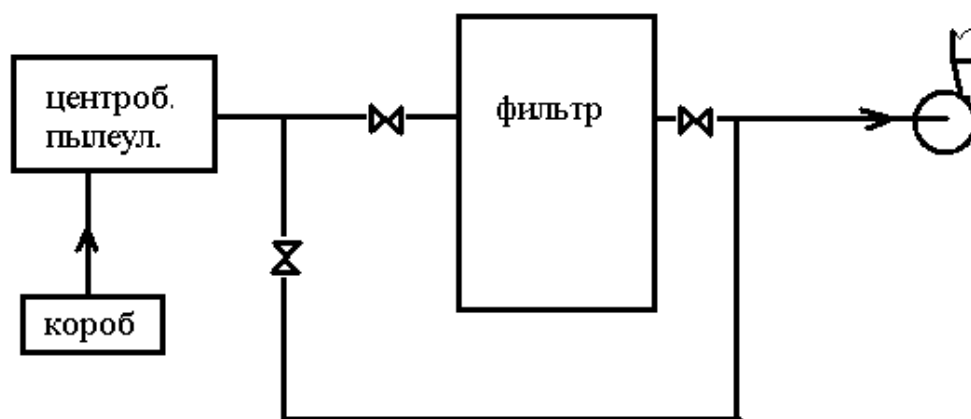


Рисунок 12 - Схема последовательного соединения аппаратов.

При высокой связности пыли фильтр отключается, работает только центробежный воздухообеспыливатель, он имеет достаточно высокую эффективность пылеулавливания, и залипание пыли на фильтре не происходит[15].

Анализ основных направлений защиты воздуха рабочих зон от пылевыведения технологического оборудования показал, что одно из ведущих мест в практике обеспыливания занимает обеспыливания рукавным фильтром.

Результатом реализации процесса обеспыливания является эффективность, которая до настоящего времени использовалась в качестве основного показателя при сравнении различных способов обеспыливания. О том, насколько полезен конкретный способ обеспыливания воздуха, судят по его максимально возможной эффективности относительно эффективности при оптимальных основных параметрах для данного способа[36].

Оптимальность основных параметров способа пылеочистки определяют анализом и направленностью достижения максимума эффективности, даже если это значение эффективности достижимо очень большими усилиями в данном способе. Можно отметить, что оптимальным режимом работы рукавного фильтра при скоплении липкой пыли будет его отключение, и следует оставить только центробежный воздухообеспыливатель. Для решения вопроса выбора рационального способа обеспыливания необходимо получить возможность их сравнительной оценки[5].

Различные теоретические подходы позволили предложить разнообразные оценочные показатели, которые наряду с эффективностью обеспечивают возможность сравнения и выбора, рациональных для конкретных условий способов обеспыливания[36].

Фильтры рукавные представляет собой надежные и эффективные пылеулавливающие аппараты, предназначенные для обеспыливания воздуха и негорючих газов.

Область применения: в стройиндустрии, металлургии, машиностроении, химической, пищевой промышленности и др. отраслях. Фильтрующим элементом рукавных фильтров является рукав, сшитый из специального материала, который выбирается исходя из условий эксплуатации установок[6].

При необходимости рукавные фильтры могут оснащаться электронной системой управления, с выводом данных на ПК, которая включает в себя (рис.13)[13]:

- Контроль электропитания фильтра;
- Управление электромагнитными клапанами;
- Контроль разрежения на входе в фильтр;
- Контроль разрежения на выходе из фильтра;
- Контроль концентрации на входе;
- Контроль концентрации на выходе;
- Контроль давления сжатого воздуха в ресивере;

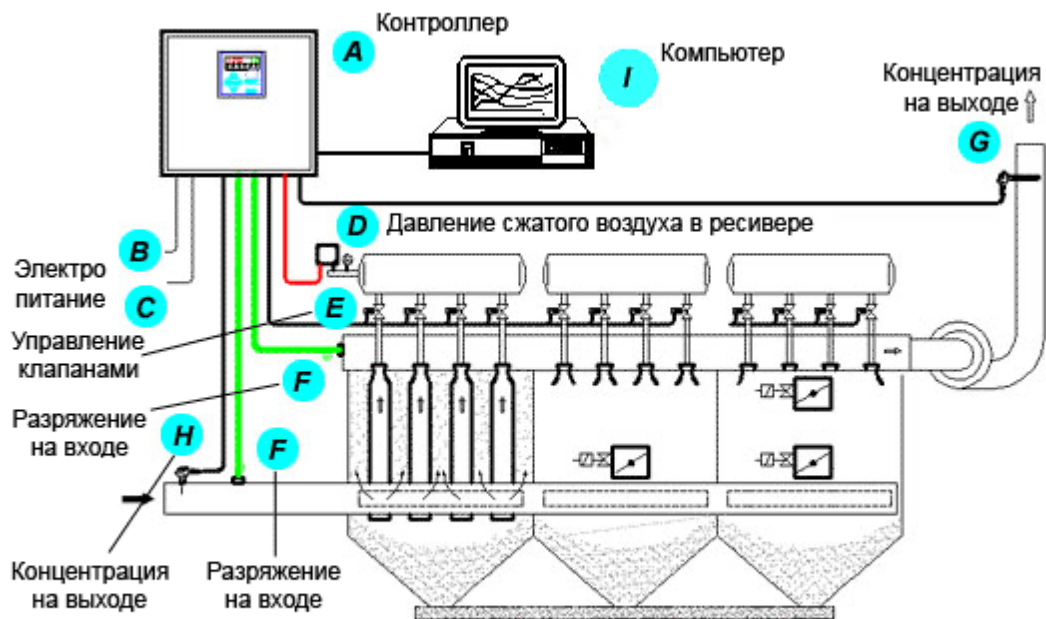


Рисунок 13 – Схема отчистки загрязненного воздуха рукавных фильтров

Технологические расчеты фильтров сводятся к определению площади фильтровальной перегородки, гидравлического сопротивления фильтровальной перегородки и аппарата в целом, частоты и продолжительности циклов регенерации фильтрующих элементов[10].

При выборе конструкции фильтра с гибкой фильтровальной перегородкой приходится учитывать значительное число факторов[10]:

- характеристику очищаемых газов на входе в фильтр: средний объемный расход очищаемых газов в рабочих и нормальных условиях, состав газов и их взрывоопасность, температура и давление, допустимость подсоса, содержание влаги, точка росы;

- свойства пыли: тип пыли (по механизму образования), распределение частиц по размерам, средняя и максимальная массовая концентрации, содержание токсичных веществ, химический состав пыли, ее гигроскопичность, растворимость в воде, склонность к слипанию, взрываемость и горючесть, истинная и насыпная плотности, электризуемость, абразивность, предельно допустимая концентрация;

- характеристику источника выделения пыли: технологические сведения о процессе и применяемом оборудовании, периодичность или непрерывность процесса, место отсоса запыленных газов, конструкционные материалы, используемые в технологическом оборудовании;

- характеристику и требования к уловленной пыли: ее ценность, возможность регенерации и возвращения в производство, возможность ее использования в других производствах, способ выгрузки, транспортирования и упаковки;

- основные требования к фильтрам: допускаемое сопротивление фильтра, задаваемая величина выходной концентрации, размер установки, требуемая площадь, место расположения, необходимое вспомогательное оборудование, климатические условия, лимиты по воде, пару, электроэнергии, возможность проведения процесса при аварийной остановке фильтра, капитальные и эксплуатационные затраты.

5.2 Расчетные характеристики

С учетом физико-химических характеристик выбросов, характера производства, технико-экономических и других факторов обосновывают эффективность очистки газов посредством фильтрации, принимают тип фильтрующей среды и фильтра (волоконный, тканевый, зернистый и др.), подбирают приемлемый материал волокон, ткани или гранул; для тканых и зернистых фильтров определяют также способ регенерации фильтрующего слоя[10].

Фильтрующая поверхность аппарата определяется из выражения:

$$F_{\phi} = \left[\frac{V_n + V_p}{60 q} \right] + F_p , \quad (5)$$

где V_n – объем газа, поступающего на очистку, м³/ч;

V_p – объем газа или воздуха, расходуемого на регенерацию ткани, $\text{м}^3/\text{ч}$; q – удельная газовая нагрузка фильтровальной перегородки при фильтровании, $\text{м}^3(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$;

F_p – фильтрующая поверхность, отключаемая на регенерацию в течение 1 час, м^2 .

Величину F_p следует рассчитывать по зависимости:

$$F_p = N_c \cdot F_c \cdot \tau_p \cdot m_p, \quad (6)$$

где N_c – число секций в фильтре;

F_c – фильтрующая поверхность секции, м^2 ;

τ_p – время регенерации секции, с;

m_p – число регенерации в течении 1 часа.

Таблица 2 - Нормативная удельная газовая нагрузка

п/п	№ Вид пыли	q_n
1.	Комбикорм	3.5
2.	Мука	
3.	Зерно	
4.	Жмыховая смесь	
5.	Пыль кожи	
6.	Опилки	
7.	Табак	
8.	Картонная пыль	
9.	Асбест	2.6
10.	Волокнистые целлюлозные материалы	
11.	Пыль при выбивке отливок из форм	
12.	Гипс	

13.	Известь гашеная	
14.	Пыль от полировки	
15.	Соль	
16.	Песок	
17.	Глинозем	2.0
18.	Цемент	
19.	Керамические красители	
20.	Уголь	
21.	Резина	
22.	Каолин	
23.	Известняк	
24.	Сахар	
25.	Кокс	1.7
26.	Летучая зола	
27.	Окислы металлов	
28.	Крахмал	
29.	Пластмассы	
30.	Активированный уголь	1.5
31.	Моющие средства	
32.	Порошковое молоко	
33.	Возгоны цветных и черных металлов	

Для фильтров с импульсной продувкой в связи с кратковременностью процесса регенерации поверхности фильтра, выключаемой на время регенерации, и объемом газа, расходуемого на обратную продувку, можно пренебречь. Удельная газовая нагрузка на фильтровальную перегородку для рукавных фильтров колеблется от 0,3 до 6 м³/(м²·мин)[7]. Внутри этого диапазона выбор оптимального значения зависит от многих факторов, к

которым в первую очередь относятся свойства улавливаемой пыли, способ регенерации фильтровальных элементов, концентрация пыли в газе, структура фильтровального материала, температура очищаемого газа, требуемая степень очистки. С достаточной для практических расчетов точностью удельную газовую нагрузку в рукавных фильтрах можно определить из следующего выражения $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$:

$$q = q_n \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5, \quad (7)$$

где q_n – нормативная удельная нагрузка, зависящая от вида пыли и ее склонности к агломерации (определяется по таблице 2);

c_1 – коэффициент, характеризующий способность регенерации фильтрующих элементов (определяется по данным приведенным ниже);

c_2 – коэффициент, учитывающий влияние концентрации пыли на удельную газовую нагрузку, определяется по рисунку 14;

c_3 – коэффициент, учитывающий влияние дисперсного состава пыли в газе (определяется по данным приведенным ниже);

c_4 – коэффициент, учитывающий влияние температуры газа (определяется по данным приведенным ниже);

c_5 – коэффициент, учитывающий требования к качеству очистки[8].

Для коэффициента, учитывающего влияние особенностей регенерации фильтровальных элементов, в качестве базового варианта принимается фильтр с импульсной продувкой сжатым воздухом с рукавами из ткани. Для этого аппарата коэффициент $c_1 = 1$. При использовании рукавов из нетканых материалов значение коэффициента может увеличиваться на 5...10%. Для фильтров с регенерацией путем обратной продувки и одновременного встряхивания или покачивания рукавов принимается коэффициент $c_1=0,70...0,85$.

Меньшее значение принимается для более плотной ткани. При регенерации путем только обратной продувки $c_1 = 0,55...0,70$.

В теории фильтрации принято оперировать с величиной, обратной по смыслу эффективности очистки - проскоком. В практике проектирования установок фильтрации степень очистки не вычисляют, а принимают по информации, приводимой в каталогах заводов-изготовителей. Эту величину так же следует рассматривать как оценочную. При эксплуатации фильтра величина проскока не остается постоянной во времени. В цикле между регенерациями проскок падает от максимального до минимального значения по мере накопления пыли на фильтре[10]. В целом за период эксплуатации тканевого фильтра проскок длительное время (несколько тысяч циклов) снижается вследствие увеличения остаточной запыленности ткани, а затем, продержавшись некоторое время на минимальном уровне, начинает расти вследствие износа материала. Концентрация пыли (коэффициент c_2) сказывается на продолжительности цикла фильтрования. При увеличении концентрации увеличивается частота регенерации и удельная нагрузка должна снижаться. Однако зависимость удельной нагрузки от концентрации пыли не является линейной функцией. Наиболее заметно изменение концентрации проявляет себя в интервале концентраций $1...30 \text{ г/м}^3$. При более высоких значениях усиливается влияние коагуляции частиц пыли, и часть ее в виде агломератов падает в бункер до ее осаждения на фильтровальных элементах.

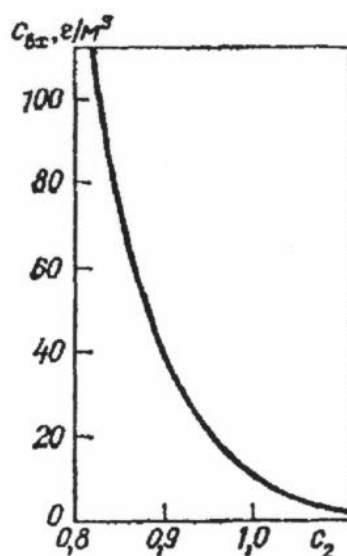


Рисунок 14 - Зависимость коэффициента c_2 от концентрации пыли на входе в фильтр $c_{вх}$

Значения коэффициента c_3 , учитывающего влияние дисперсного состава пыли, приведены в таблице 3 (d_m – медианный размер частиц, мкм).

Таблица 3 – Зависимость коэффициента c_3 от диаметра частиц

d_m , мкм	< 3	3 – 10	10 – 50	50 – 100	>100
c_3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3

Значение коэффициента c_4 , учитывающего влияние температуры газа, приведены в таблице 4[10].

Таблица 4 – Зависимость коэффициента c_4 от температуры газа

t, °C	20	40	60	80	100	120	140	160
c_4	1	0.9	0.84	0.78	0.75	0.73	0.72	0.7

Коэффициент c_5 , учитывающий требования к качеству очистки, оценивается по концентрации пыли в очищенном газе.

Энергетические затраты и эффективность процесса очистки непосредственно зависят от сопротивления, создаваемого фильтрующим слоем, т.е. тканью и автослоем (слоем пыли, осевшей на ткани в процессе фильтрации). Составляющую сопротивления, зависящую от структуры ткани, называют остаточным сопротивлением ткани, предполагая, что в порах ткани после регенерации остается определенное (так называемое "равновесное") количество пыли. Однако на величину остатка кроме способа регенерации влияет множество других причин. Поэтому остаточное сопротивление после регенераций может изменяться в достаточно широких пределах.

При подборе рукавных фильтров важным является оценка ожидаемого гидравлического сопротивления, определяющего энергетические затраты на

фильтрование. Гидравлическое сопротивление фильтра в Па складывается из сопротивления корпуса ΔP_k и сопротивления фильтровальной перегородки ΔP_ϕ :

$$\Delta P_\phi = \Delta P_k + \Delta P_n, \quad (8)$$

Гидравлическое сопротивление корпуса аппарата определяется величиной местных сопротивлений, возникающих на входе в аппарат и выходе из него и при раздаче потока по фильтровальным элементам. В общем виде гидравлическое сопротивление может быть оценено коэффициентом сопротивления корпуса аппарата, отнесенным к скорости газа во входном патрубке[9].

$$\xi_k = \frac{\Delta P_k^2}{V_{\text{вх}}^2 * \rho_\Gamma}, \quad (9)$$

где $V_{\text{вх}}$ - скорость газа во входном патрубке, м/с.

Величина ε_k при конструировании фильтров обычно принимается равной 1,5 ... 2,0[10].

Гидравлическое сопротивление фильтровальной перегородки включает потери напора за счет самой перегородки ($\Delta P'_\Pi$) и потери за счет осевшей на перегородку пыли ($\Delta P''_\Pi$):

$$\Delta P_n = \Delta P'_\Pi + \Delta P''_\Pi, \quad (10)$$

(8)

Величину $\Delta P'_\Pi$ (в Па) удобно вычислять по выражению:

$$\Delta P'_\Pi = K_\Pi * \mu * v^n, \quad (11)$$

где K_Π – коэффициент, характеризующий сопротивление фильтровальной перегородки, м^{-1} ;

μ – динамическая вязкость газа, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

v – скорость фильтрования, м/с;

n – показатель степени, зависящий от режима течения газа сквозь перегородку (для ламинарного режима $n = 1$, для турбулентного $n > 1$).

Коэффициент K_n зависит от толщины и проницаемости фильтровальной перегородки, количества пыли, оставшейся на перегородке после регенерации, свойств пыли. Поэтому этот коэффициент определяют экспериментально. Например, для фильтровальных тканей из лавсана, улавливающих цементную или кварцевую пыль с медианным диаметром в пределах 10...20 мкм. $K_n = (1100... 1500) \cdot 10^9 \text{ м}^{-1}$, для тех же материалов при улавливании возгонов от сталеплавильных дуговых печей с медианным диаметром частиц 2.5...3.0 мкм $K_n = (23\ 00...24\ 00) \cdot 10^9 \text{ м}^{-1}$. Для более плотных тканей (лавсан, стеклоткань) на тех же пылях коэффициент K_n увеличивается в 1.2... 1.3 раза.

При улавливании пылей с медианным размером частиц меньше 1 мкм коэффициент K_n увеличивается в несколько раз и для лавсана. При улавливании возгонов кремния с медианным диаметром 0.6 мкм он составляет (13000... 15 000) $\cdot 10^9 \text{ м}^{-1}$.

Приведенные значения коэффициентов не учитывают возможное увеличение его в присутствии влаги[10].

Сопротивление в Па, вызванное осевшей на перегородку пылью, рассчитывается по уравнению[10]:

$$\Delta P''_{\Pi} = \mu * \tau * c_{\text{вх}} * v^2 * K_1, \quad (12)$$

где τ – продолжительность фильтровального цикла, с;

$c_{\text{вх}}$ – концентрация пыли на входе в фильтр, кг/м³;

K_1 – параметр сопротивления слоя пыли, м/кг.

Величина K_1 зависит от свойств пыли. Например, для цемента с медианным диаметром частиц $d_m = 12...20$ мкм.

$K_1 = (6,5 - 16) \cdot 10^9 \text{ м/кг}$, для частиц кремния $d_m = 0,7$ мкм $K_1 = 330 \cdot 10^9 \text{ м/кг}$, для возгонов сталеплавильной дуговой печи $d_m = 3$ мкм $K_1 = 80 \cdot 10^9 \text{ м/кг}$.

Пользуясь формулой (8), при известном или заданном гидравлическом сопротивлении слоя пыли можно найти продолжительность фильтровального цикла:

$$T = \frac{\Delta P_n''}{\mu * c_{вх} * v^2 * K_1}, \quad (13)$$

Следует иметь в виду, что общее сопротивление рукавных фильтров не должно превышать 2800 Па, а сопротивление слоя пыли на перегородке 600 ...800 Па.

Исходные данные:

Объем газа, поступающего на очистку - 57000 м³/ч;

Температура выбросов t 46 °С;

Концентрация пыли на входе в аппарат очистки $c_{вх}$ 12 г/м³;

Медианный диаметр частиц пыли d_m $d_m = 12$ мкм;

Содержание пыли после фильтра не должно превышать 5 мг/ м³.

В качестве фильтровальной ткани рекомендуется лавсан.

Порядок проведения расчетов

1. По таблице 4 выбрать вид пыли и соответствующий коэффициент q_n .
2. Подставить в формулу (7) свой коэффициент q_n , значение коэффициента c_1 принимается равным 1, коэффициент c_2 определяется в зависимости от концентрации пыли на входе, коэффициенты c_3 и c_4 выбираются по таблицам 3 и 4 с учетом требований к качеству очистки коэффициент c_5 во всех вариантах одинаков и равняется 0,9.
3. Определяем поверхность фильтрования по формуле (5) без учета показателей регенерации фильтров.

4. По таблице П1 приложения для рассчитанных условий поверхности фильтрования выбираем тип и марку фильтра.

5. Определяем гидравлическое сопротивление фильтровальной перегородки по формуле (11), принимая K_n и K_1 в зависимости от типа пыли, $v = 0,015$ м/с, $\tau^n = 600$ с, $\mu = 19 \cdot 10^{-6}$ Па·с, $n = 1$.

6. Определяем гидравлическое сопротивление фильтра в целом по формуле (9), задаваясь коэффициентом гидравлического сопротивления корпуса $\xi_k = 2$, приведенным к скорости во входном патрубке:

$$v_{вх} = \frac{V_n}{3600 \cdot S_{вх}}, \quad \text{м/с};$$

- где площадь входного отверстия рассчитывают по табличным данным П1 приложения для выбранного типа фильтра.

7. По выбранному типу фильтра определяем фильтрующую поверхность, отключаемую на регенерацию по формуле (7).

Выполнения задания

Объем воздуха на аспирацию дробилку составляет 57000 м³/ч;

Температура выбросов 46 °С;

Концентрация пыли на входе в аппарат очистки 12 г/м³;

Медианный диаметр частиц пыли $d_m = 12$ мкм;

В качестве фильтровальной ткани используется лавсан.

В соответствии с таблицей 1П приложения это пыль цемента с коэффициентом $q_n = 2$. Коэффициент $c_1 = 1$; $c_2 = 1,02$; $c_3 = 0,9$; $c_4 = 0,9$; $c_5 = 0,9$.

Определяем удельную газовую нагрузку:

$$q = q_n \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5 = 2 \cdot 1 \cdot 1,02 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 1,49 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин}).$$

Определяем фильтрующую поверхность аппарата:

$$F_{\phi} = V_n : 60q = 57\,000 : 60 \cdot 1,49 = 630 \text{ м}^2$$

По таблице П1 приложения находим наиболее подходящий фильтр марки ФРКДИ-720 с площадью фильтрующей поверхности 720 м² [10].

Определяем гидравлическое сопротивление фильтровальной перегородки:

$$\Delta P_n = \Delta P'_n + \Delta P''_n = K_n * \mu * v^n + \mu * \tau * c_{BX} * v^2 * K_1 = 1311 \text{ Па}$$

Вычисляем скорость во входном отверстии патрубка:

$$v_{BX} = \frac{V_{\Pi}}{3600 \cdot S_{BX}} = 57\,000 / (3600 \cdot 2,4 \cdot 0,55) = 57000 / 4752 = 11,9 \text{ м/с.}$$

Определяем гидравлическое сопротивление корпуса фильтра:

$$\Delta P_k = \frac{\xi_k * V_{BX}^2 * \rho_{\Gamma}}{2} = 137,5 \text{ Па}$$

Вычисляем общее гидравлическое сопротивление фильтра:

$$\Delta P_n = \Delta P'_n + \Delta P''_n = 1311 + 134 = 1445 \text{ Па}$$

Определяем фильтрующую поверхность, отключаемую на регенерацию:

$$F_p = N_c \cdot F_c \cdot \tau_p \cdot m_p = 3 \cdot 90 \cdot 0,0014 \cdot 5 = 2 \text{ м}^2$$

Поскольку общая площадь фильтра с учетом поверхности для регенерации составляет:

$$F_{\phi} + F_p = 70,3 + 2 = 72,3 \text{ м}^2$$

т.е. величину меньшую, чем стандартная поверхность фильтра марки ФРКДИ-720 с площадью фильтрующей поверхности 90 м², то нет необходимости повторного расчета гидравлического сопротивления рукавного фильтра[3].

В связи с изменением свойств пыли поступающего на фильтрующую поверхность аппарата и изменением прочностных характеристик сформированных слоев на фильтрующей поверхности возникает необходимость оценки связности пыли.

5.3 Метод экспресс индикации связности тонкодисперсных материалов

Сущность: материал уплотняют в вертикально расположенной матрице и выдавливают из нее с нагрузкой, меньшей нагрузки уплотнения. Выдавливаемое дисперсное тело под действием силы тяжести приводят в состояние падения с высоты 18-65 см на отбойную плиту, расположенную под углом к горизонту в 15-33 градуса. Проводят визуальное наблюдение состояния дисперсного тела в контакте с поверхностью плиты, определяют целостность и

рыхлость его частей, а по характеру разрушения брикета судят о связности материала. Технический результат: разработка простого надежного способа экспресс-индикации связности дисперсных материалов, не требующего для своего выполнения значительных объемов дисперсного материала.

Существует также способ определения разрывной прочности на основе экструзии дисперсного материала из конической насадки[15]. Материал выдавливают из насадки вниз в виде стержня. При достижении определенной длины стержень разрывается под действием собственного веса. Однако этот экструзионный метод применим только для материалов с высокой аутогезией и влажных материалов.

В способе экспресс-индикации связности дисперсных материалов предварительно просеянный материал уплотняют в вертикально расположенной матрице нагрузкой 10÷40 кПа, затем полученный брикет выдавливают из нее с нагрузкой, меньшей нагрузки уплотнения. Выдавливаемое дисперсное тело под действием силы тяжести приводят в состояние падения с высоты 18÷65 см на отбойную плиту. Плита расположена под углом к горизонту 15÷33 градусов. По результатам контактного взаимодействия дисперсного тела и плиты проводят визуальное наблюдение состояния дисперсного тела с определением целостности и рыхлости его частей и по характеру разрушения брикета судят о связности материала. Данный способ может быть применен для оценки технологических характеристик сыпучих материалов - текучести, сводообразования, слеживаемости, транспортабельности и др.

Таблица 5 – Значение масс прилипших отложений при уплотняющей нагрузке 40 кПа

Порошки	Углы			
15°	17,5°	22°	28°	33°
М10 m=0,29 г	0,28(97%)	0,26(89,6%)	0,26(89,6%)	0,28(96,6%)

0,25(86,2%)	0,27(93,1%)	0,27(93,1%)	0,28(96,6%)	0,27(93,1%)
M5 m=0,25 г	0,25(100%)	0,21(84%)	0,25(100%)	0,22(88%)
0,25(100%)	0,23(92%)	0,24(96%)	0,23(92%)	0,24(96%)
0,25(100%)	0,23(92%)	0,24(96%)	0,21(72,4%)	0,23(92%)
M2 m=0,20 г	0,12(60)	0,07(35%)	0,07(35%)	0,07(35%)
0,2(100%)	0,09(45%)	0,07(35%)	0,09(45%)	-
0,11(55%)	0,17(85%)	0,08(40%)	0,1(50%)	-
M1 m=0,17 г	0,06(35,3%)	0,06(35,3%)	0,04(23,5)	0,02(11,8%)
0,06(35,3%)	0,01(5,9%)	0,04(23,5)	0,01(5,9%)	-
0,06(35,3%)	0,06(35,3%)	0,05(29,4%)	0,03(17,6%)	-
0,08(47%)	0,06(35,3%)	0,04(23,5)	0,02(11,8%)	-

В таблице 5 показаны значения масс прилипших отложений на плите в зависимости от угла ее расположения, уплотняющая нагрузка составляет 40 кПа, высота падения брикета на плиту 60 см.

Таблица 6– Значение масс прилипших отложений при уплотняющей нагрузке 10 кПа

Порошки	17,5°	22°	28°	33°
M10 m=0,26 г	0,25	0,25	0,22	0,22
0,23	0,22	0,22	0,22	
M5 m=0,24 г	0,2	0,2	0,16	0,24
0,2	0,21	0,23	0,17	
M5 m=0,24 г	0,2	0,2	0,24	0,16

0,2	0,21	0,23	0,17	
M2 m=0,19 г	0,17	0,15	0,08	0,06
0,14	0,13	0,09	0,01	
0,2	0,19	0,18	0,18	
M1 m=0,15 г	0,05	0,03	0,03	
0,05	0,03	0,03		
0,08	0,05	0,06		

В таблице 6 показаны значения масс прилипших отложений на плите в зависимости от угла ее расположения, уплотняющая нагрузка составляет 10 кПа, высота падения брикета на плиту 60 см[16].

На рис.15 изображено устройство для уплотнения и выдавливания материала.

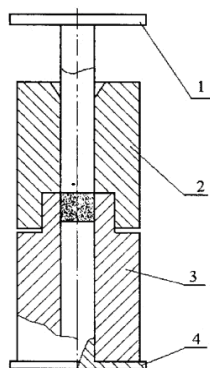


Рисунок 15 - Устройство содержит 1 - плунжер, матрицу, состоящую из деталей 2 и 3, 4 - шток.

В матрицу, состоящую из деталей 2, 3 засыпают дисперсный материал. При этом шток 4 находится в канале детали 3, а плунжер 1 удален. Материал засыпают послойно, каждый раз уплотняя плунжером 1 с грузом, создающим давление на поверхности слоя из диапазона нагрузок 10-40 кПа. После заполнения материалом канала детали 3 проводят разъем деталей 2, 3 и на

детали 3 излишек материала срезают вровень с торцом. В процессе этой процедуры происходит разрыхление поверхности слоя. Поэтому детали 2 и 3 снова сочленяют и плунжером 1, проводят дополнительное уплотнение тем же грузом. Плунжер 1 удаляют, детали 2, 3 разъединяют[16].

После уплотнения полученное тело подвергают экструзии. Деталь 3 матрицы переворачивают, размещают вертикально над отбойной плитой, шток 4 проворачивают и удаляют, вместо него вставляют плунжер 1. Выдавливание осуществляют с нагрузкой, меньшей нагрузки уплотнения. В начале процесса экструзии плунжер проворачивают, чтобы материал не прилипал к нему. В результате тело падает под действием силы тяжести с высоты над отбойной плитой 18-65 см. После чего происходит контактное взаимодействие выдавленного брикета с отбойной плитой, расположенной под углом 15-33 градусов к горизонтальной плоскости.

Затем визуально определяют состояние дисперсного тела после контактного взаимодействия и по характеру его разрушения судят о связности материала.

Если дисперсное тело при выдавливании разрушилось и находится на плите в мелкораздробленном, разрыхленном состоянии, материал несвязный, если тело разрушилось на части, причем нижняя прилипшая находится в уплотненном, деформированном состоянии, а верхняя после вторичного взаимодействия находится на плите в разрыхленном состоянии - материал слабосвязный, если тело находится в уплотненном деформированном состоянии - материал связный, если тело после взаимодействия с плитой оставляет наклеп на ее поверхности, а само после нескольких взаимодействий с поверхностью без заметного деформирования попадает в ловушку - материал сильносвязный. Прочность фрагментов тела, удерживаемых на плите силами адгезии, проверяют либо кистью с мягким волосом, либо обдувом фрагмента струей воздуха со скоростью 5-10 м/с.

В указанном диапазоне давлений (10÷40 кПа) уплотняющей нагрузки получают дисперсные тела с прочностями, характерными для отложений пыли в газоочистных системах [15].

Угол наклона отбойной плиты к горизонту должен быть меньше угла внешнего трения материала о плиту в насыпном состоянии.

Известно, что связность частиц пыли определяется количеством контактов между частицами и физико-химическими характеристиками поверхностей частиц. Для одного и того же материала с разным дисперсным составом связность будет больше у того состава, у которого содержание мелких частиц больше [16].

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Перечень работ и оценка времени их выполнения

Таблица 6.1.1 - Прodelанные работы для проекта

№ п/п	Наименование работ	Количество исполнителей	Продолжительность, дней
1	Получение задания	Инженер, научный руководитель	1
2	Подбор и изучение литературы для написания проекта	Инженер	2
3	Постановка и оформление цели и задач для написания проекта	Инженер	5
4	Консультация с научным руководителем	Инженер, научный руководитель	1
5	Оформление теоретической части проекта	Инженер	7
6	Консультация с научным руководителем	Инженер, научный руководитель	1
7	Оформление расчетной части проекта	Инженер	10
8	Консультация с научным руководителем	Инженер, научный руководитель	1
9	Оформление проекта и составление выводов о проделанной работе	Инженер	7
10	Оформление графической части проекта	Инженер	6
11	Оформление презентации для защиты дипломного проекта	Инженер	5
12	Написание доклада для защиты дипломного проекта	Инженер	3
13	Консультация с научным руководителем	Инженер, научный руководитель	5
Итого			54

6.2 Смета затрат на проект

$$K_{\text{пр}} = U_{\text{мат}} + U_{\text{ам}} + U_{\text{зп}} + U_{\text{со}} + U_{\text{пр}} + U_{\text{накл}}, \text{ руб}$$

а) $U_{\text{мат}}$ – материальные затраты на проект представлены в таблице 6.2.1

Таблица 6.2.1 – Материальные затраты на проект дипломной работы

№ п/п	Наименование товара	Количество, шт	Цена, рублей
1	Пачка бумаги	1	250
2	Ручки шариковые	2	40
3	Заправка картриджа	1	370
Итого			660

б) $U_{\text{ам}}$ – амортизация;

$$KT = \frac{T_{\text{исп к.т.}}}{T_{\text{кол}}} \times C_{\text{к.т.}} \times \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \text{ руб}$$

$T_{\text{исп к.т.}} = 40$ дней – время использования компьютера за период написания проекта;

$T_{\text{кол}} = 365$ – дней в году;

$C_{\text{к.т.}} = 20000$ руб. – цена компьютера;

$T_{\text{сл}} = 10$ лет – срок службы компьютера.

$$KT = \frac{40}{365} \times 20000 \times \frac{1}{10} = 219, \text{ руб}$$

в) $U_{\text{зп}}$ – заработная плата;

Расчет заработной платы для инженера:

$$U_{\text{зп}}^{\text{мес}} = 3\Pi_0 \times k_1 \times k_2$$

$3\Pi_0 = 14500$ – месячный оклад инженера;

$k_1 = 1,1$ – коэффициент, учитывающий отпуск;

$k_2 = 1,3$ – районный коэффициент.

$$U_{\text{зп}}^{\text{мес}} = 14500 \times 1,1 \times 1,3 = 20735, \text{руб}$$

Расчет заработной платы для научного руководителя:

$$U_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (3\Pi_0 \times k_1 + Д) \times k_2$$

$3\Pi_0 = 23300$ – месячный оклад научного руководителя;

$Д = 2200$ – доплата за интенсивность труда научного руководителя

$$U_{\text{зп}}^{\text{мес}} = (23300 \times 1,1 + 2200) \times 1,3 = 36179, \text{руб}$$

Так как инженер работал над проектом 52 дня, то его заработная плата за период написания проекта составит:

$$U_{\text{зп}}^{\Phi} = \frac{U_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \times n$$

$U_{\text{зп}}^{\text{мес}} = 19800$ – заработная плата инженера за месяц;

n – количество отработанных дней.

$$U_{\text{зп}}^{\Phi} = \frac{19800}{21} \times 54 = 50914, \text{руб}$$

Так как научный руководитель работал над проектом 6 дней, то его заработная плата за период написания проекта составит:

$$U_{\text{зп}}^{\Phi} = \frac{U_{\text{зп}}^{\text{мес}}}{21} \times n$$

$U_{\text{зп}}^{\text{мес}} = 36179$ – заработная плата научного руководителя за месяц;

n – количество отработанных дней.

$$U_{\text{зп}}^{\Phi} = \frac{36179}{21} \times 6 = 10336, \text{руб}$$

$$\Phi 3\Pi = 3\Pi_{\text{инж}} + 3\Pi_{\text{нр}} = 50914 + 10336 = 61250 \text{руб}$$

г) $U_{\text{со}}$ – социальные отчисления;

Социальные отчисления составляют 30% от $\Phi 3\Pi$.

$$U_{\text{со}} = 0.3 \times 61250 = 18375 \text{руб}$$

д) $U_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$$U_{\text{пр}} = 10\% \times (U_{\text{мат}} + U_{\text{ам}} + U_{\text{зп}} + U_{\text{со}})$$

$$U_{\text{пр}} = 0.1 \times (660 + 219 + 50914 + 10336 + 18375) = 8050$$

е) $U_{\text{накл}}$ – накладные расходы;

$$U_{\text{накл}} = 200\% \times \Phi 3П$$

$$U_{\text{накл}} = 2 \times 61250 = 122500 \text{ руб}$$

Таблица 6.2.2 – затраты на проект

№ п/п	Элементы затрат	Стоимость, руб
1	Материальные затраты	660
2	Амортизация	219
3	Заработная плата	61250
4	Социальные отчисления	18375
5	Прочие затраты	8050
6	Накладные расходы	122500
$K_{\text{пр}}$		211054

6.3 Смета затрат на реконструкцию оборудования

$$\sum K = K_{\text{проект}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{мон}}$$

Цена нового рукавного фильтра – 700 000 руб.

на монтаж – 20%

$$\sum K = 700\,000 + 200\,000 = 900\,000 \text{ руб.}$$

Таблица 6.3.1 – затраты на проект установки рукавного фильтра

№ п/п	Элементы затрат	Стоимость, руб
1	Новый рукавный фильтр	700 000
2	На монтаж	200 000
Итого:		900 000

6.4 Социальный эффект

Ущерб вследствие неблагоприятной экологической обстановки на цехе можно оценить по следующей формуле:

$$Y_{\text{соц}} = Y_v + Y_{\text{б.л.}} + Y_{\text{пенс.}}$$

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

$$Y_v = B_{\text{см}} \cdot \sum_{i=1}^n (t_i \cdot K_i \cdot \text{Ч}_{\text{ср.сп.}})$$

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

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;

$\text{Ч}_{\text{ср.сп.}}$ – среднесписочная численность работников на цеха;

n – количество разновидностей проф. заболеваний.

$$Y_{\text{б.л.}} = ЗП_{\text{см}} \cdot \sum_{i=1}^n (t_i \cdot K_i \cdot \text{Ч}_{\text{ср.сп.}})$$

где $ЗП_{\text{см}}$ – средняя заработная плата одного работающего за смену.

$$Y_{\text{пенс.}} = B_{\text{мес}} \cdot 12 \cdot \text{Ч}_{\text{ср.сп.}} \cdot K_i \cdot K_{\text{пенс.}}$$

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

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

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

Среднесписочная численность работников на цеху $Ч_{\text{ср.сп.}} = 140$ чел. Количество заболеваний в процентах от $Ч_{\text{ср.сп.}}$ и длительность заболевания в календарных днях разных заболеваний равны:

1. заболевания верхних дыхательных путей – 5%, $t_{\text{д.п.}} = 7$ дн.;
2. заболевание легких – 3%, $t_{\text{л.}} = 21$ дн.;
3. заболевание органов пищеварения – 2%, $t_{\text{о.п.}} = 15$ дн.

Производительность труда на цеху за рабочую смену составляет $B_{\text{см}} = 3,5$ тыс. руб./чел. см.;

среднесписочная зарплата одного работника – 15 тыс. руб./чел. мес.;

средняя пенсия – 10 тыс. руб./чел. мес.

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

Ущерб вследствие неблагоприятной экологической обстановки на цеху до внедрения системы газоочистки

$$Y_{\text{соц}} = Y_v + Y_{\text{б.л}} + Y_{\text{пенс}},$$

$$Y_v = B_{\text{см}} \cdot \sum_{i=1}^n (t_i \cdot K_i \cdot Ч_{\text{ср.сп.}}) \cdot K_{\text{раб}}$$

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

$$K_{\text{раб}} = 21/30 = 0,7$$

$$Y_v = 3,5 \times 140 (0,05 \times 7 + 0,03 \times 21 + 0,02 \times 15) \times 0,7 = 439,04 \text{ тыс. руб./год}$$

$$Y_v = 3П_{\text{см}} \cdot \sum_{i=1}^n (t_i \cdot K_i \cdot Ч_{\text{ср.сп.}}) \cdot K_{\text{раб}}$$

$$15/21 \times 140 \times (0,05 \times 7 + 0,03 \times 21 + 0,02 \times 15) \times 0,7 = 89,6 \text{ тыс. руб./год}$$

$$Y_{\text{пенс}} = B_{\text{мес}} \cdot 12 \cdot C_{\text{ср.сп.}} \cdot K_{\text{пенс}i} \cdot K_i = 10 \times 12 \times 140 \times 0,01 \times (0,05 + 0,03) = 13,44 \text{ тыс. руб./год}$$

$$Y_{\text{соц}} = 439,04 + 89,6 + 13,44 = 542,08 \text{ тыс.руб./год}$$

Ущерб после внедрения системы рукавного фильтра

$$Y' = Y'_v + Y'_{\text{б.л.}} + Y'_{\text{пенс.}}$$

$$Y'_v = 3,5 \times 140 \times (0,04 \times 7 + 0,02 \times 21 + 0,01 \times 15) \times 0,7 = 291,55 \text{ тыс.руб/год}$$

$$Y'_{\text{б.л.}} = 5/21 \times 140 \times (0,04 \times 7 + 0,02 \times 21 + 0,01 \times 15) \times 0,7 = 291,55 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Y'_{\text{пенс}} = 0;$$

$$Y' = 291,55 + 19,8 = 311,35 \text{ тыс. руб./год}$$

Социальный эффект от установки системы рукавного фильтра или предотвращенный социальный ущерб

$$\Delta Y = 542,08 - 311,35 = 230,73 \text{ тыс.руб./год, или}$$

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

$$(3,5 + 5/21) \times 140 \times 0,7 \times 0,01 \times (7 + 21 + 15) + 10 \times 12 \times 0,01 \times 140 \times (0,05 + 0,03) = \\ = 169,358 \text{ тыс. руб./год.}$$

Вывод: в этом проекте рассматривалась совершенствованная система газопылеочистки, расчет социального эффекта показал, что внедрение установки обеспыливания позволяет экономить ежегодно на социальный ущерб. В результате, что данная газопылеочистная установка уменьшает социальный ущерб на 169,358 тыс. руб., снижая заболеваемость, нетрудоспособность и повышает работоспособность сотрудников, в том числе рост выпуска продукции.

7 Социальная ответственность

Введение

В данной работе предлагается поиск альтернативных методов уменьшения запыленности производственной среды в системах транспортировки сыпучих материалов и уменьшение потерь сыпучего материала при транспортировке в цементном производстве, для того чтобы осуществлялся контроль за аспирационными системами имеется целый ряд специалистов, которые следят за производственным процессам. Контроль осуществляется с помощью оснащенной электронной системой управления, с выводом данных на ПК, который включает в себя:

- Контроль электропитания фильтров;
- Управление электромагнитными клапанами;
- Контроль разряжения на входе в фильтрам;
- Контроль разряжения на выходе из фильтров;
- Контроль концентрации на входе;
- Контроль концентрации на выходе;
- Контроль давления сжатого воздуха в ресивере;

Всё это предусматривает использование персонального компьютера (ПК).

В работе рассматривается производственное помещение, которое изолировано от вредных и опасных факторов цементного производства такие как: шум от работающих аспирационных установок, вибрация, наличие пыли и т.д. В данном помещении находится 8 персональных компьютера, 5 из которых имеют ЖК мониторы, а 1 – ЭЛТ и лабораторное оборудование. Габариты помещения следующие: 15 х 8,5 х 6м. Стены окрашены матовой краской светло-бежевых тонов, потолки светлые, имеется 2 оконных проема размером 1,6х2,2 м; общая площадь оконных проемов равна 14,08 м².

Выполняя работу в производственном помещении, на персонал воздействуют так же опасные факторы: повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень шума на рабочем месте от ПК, воздействие электромагнитных полей и излучений, также влияние оказывают условия окружающей среды.

Исследование такого рода непосредственно связано с компьютером, а соответственно с дополнительными вредными воздействиями целой группы факторов. Работа характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой оператора, высокой напряжённостью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при работе с клавиатурой, высокой концентрацией внимания и особой ответственностью за выполняемое задание. Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы человека – оператора.

7.1 Социальная ответственность человека перед обществом и окружающей средой

Ответственность личности имеет социальную природу, predetermined как общественным характером отношений, так и особенностями личности, ее местом в системе этих отношений. Социальная ответственность возникает тогда, когда поведение индивида имеет общественное значение и регулируется социальными нормами. В процессе развития общества складываются определенные отношения между людьми в виде взаимных прав и обязанностей, прежде всего в сфере трудовой деятельности

Социальная ответственность определяется рядом объективных и субъективных предпосылок. Деяние, противоречащее этим нормам, влечет ответственность нарушителя. Ее возникновение возможно при условии предварительного предъявления к поведению людей определенных требований, сформулированных устно или письменно в соответствующих правилах.

По данным исследований, обыкновенные персональные компьютеры загрязняют окружающую среду не хуже автомобилей. Работающий компьютер деионизирует окружающую среду и уменьшает влажность воздуха. Ученые подсчитали, что сейчас, когда человечество выбрасывает в атмосферу огромное количество углекислого газа, 2% всех выбросов приходится на электронику. Когда серверу приходится работать, в окружающую среду выделяется очень большое количество тепла и углекислого газа.

В первую очередь, необходимо повышать качество персональных компьютеров, за счёт установки на них нового программного обеспечения. Таким образом, материнские платы, мощные блоки и сервера, затрачивая меньшее количество энергии, будут обеспечивать большую производительность, что должно привести к снижению темпов роста выбросов углекислоты. Также необходимо использовать более эффективные источники питания и использовать менее мощные компоненты системы.

Социальная ответственность человека перед окружающей средой так же немало важна. С каждым годом всё больше и больше общество стремится защитить природу от опасных разрушительных факторов. Эти усилия направлены на предупреждения и ликвидацию чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности.

7.2 Производственная безопасность

7.2.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Компьютерные технологии, являясь прогрессивным достижением человечества, имеют отрицательные последствия для здоровья людей. Основная задача — снизить вред здоровью человека от использования им персонального компьютера в работе.

Условия труда пользователя, работающего с ПК, определяются особенностями организации рабочего места, условиями производственной среды (освещение, микроклимат, шум, электромагнитные и электростатические

поля, визуально эргономические параметры дисплея), а также характеристиками информационного взаимодействия человека и ПК.

При проведении работ на персональном компьютере в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»[28], в табл.22 приведены вредные и опасные факторы производственного процесса:

Таблица 22 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
1. Работа на ПК	- повышенная температура поверхностей ПК;	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание;	ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
2. Работа на ПК	- недостаточная искусственная освещённость рабочей зоны;		ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
3. Работа на ПК	- повышенная или пониженная влажность воздуха;		СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
4. Работа на ПК	- повышенная или пониженная		СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические

	температура воздуха рабочей зоны;		требования к микроклимату производственных помещений.
5. Работа на ПК	- повышенный уровень электромагнитных излучений;		ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
6. Работа на ПК	- отсутствие или недостаток естественного света;		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
7. Работа на ПК	- повышенный уровень шума на рабочем месте;		ГОСТ12.1.0038. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

Системный блок генерирует излучение вследствие того, что внутренняя аппаратная логика работает на высоких частотах (гигагерцы) и практически не экранирована. Поражение электрическим током возможно в случае нарушения заземления компьютера, повреждения соединительных проводов, защитных корпусов.

Работа на ПК сопровождается постоянным и значительным напряжением функций зрительного анализатора. При работе на ПК оператор считывает текст, почти не наклоняя голову, глаза смотрят прямо или почти прямо вперед, текст (источник — люминесцирующее вещество экрана) формируется по другую сторону экрана, поэтому пользователь не считывает отраженный текст, а смотрит непосредственно на источник света, что вынуждает глаза и орган зрения в целом работать в несвойственном ему

стрессовом режиме длительное время. Характерной особенностью труда за компьютером является необходимость выполнения точных зрительных работ на светящемся экране в условиях перепада яркостей в поле зрения, наличии мельканий, неустойчивости и нечёткости изображения. Приходится часто переводить взгляд в направлениях экран – клавиатура – документация. Частая переадаптация глаза к различным яркостям и расстояниям является одним из главных негативных факторов при работе с дисплеями .

7.3 Микроклимат

Параметры микроклимата являются оптимальными, если они при систематическом и длительном воздействии на человека гарантируют сохранение адекватного функционирования и теплового состояния организма, создают условия теплового оптимума и являются основой для высокого уровня работоспособности. Допустимые и оптимальные значения параметров микроклимата устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, исходя из категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла и периода года.

На условия работы в помещении влияют такие параметры как температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Нормы параметров микроклимата для помещения без избытка выделения тепла для работ второй категории тяжести приведены в таблице 23 согласно [28].

Таблица 23 – Характеристика помещения

Наименование параметров и единицы измерения	В холодное время	В теплое время
Температура, °С	20...22	22...25
Относительная влажность, %	30...60	30...60
Скорость движения воздуха, м/с	Не более 0.2	Не более 0.5

В нашем помещении температура: зимой $t=20-22\text{ }^{\circ}\text{C}$; летом $t=22-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Влажность 55%, скорость движения воздуха – 0.2 м/с. Эти данные соответствуют нормам.

7.4 Освещенность

Немаловажную роль имеет освещенность рабочего места. От степени освещенности напрямую зависит не только здоровье глаз и работоспособность человека, но еще и его физическое и психоэмоциональное состояние.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Использование искусственного освещения в помещениях, где предполагается эксплуатация персонального компьютера, надлежит осуществлять по системе равномерного освещения всей площади помещения. Следует в качестве источника света при искусственном освещении помещения применять в большей степени люминесцентные лампы с рассеивателями и экранирующими решетками. Не разрешается применять светильники, в которых отсутствуют рассеиватели и экранирующие решетки. В светильниках направленного освещения разрешается применение ламп накаливания, включая галогенные. Для достижения нормируемых значений освещенности помещения, где используются персональные компьютеры необходимо производить очистку стекол оконных рам и плафонов светильников не реже чем два раза в год и своевременно заменять перегоревшие лампы.

7.5 Производственный шум

Шум является одним из наиболее распространенных в производстве факторов. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум является одним из часто встречающихся факторов внешней среды, которые пагубно воздействуют на организм человека. Действие

шума разнообразно: от затруднения разборчивости речи, провоцирования снижения работоспособности, повышения утомляемости, до вызова необратимых изменений в органах слуха человека. Кроме органов слуха, шум оказывает свое воздействие на весь организм человека. Люди, работающие при постоянных шумовых эффектах, жалуются на головную боль, быструю утомляемость, бессонницу и сонливость, ослабляется внимание, ухудшается память.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных рабочих мест, является ГОСТ 12.1.003-80 [29].

Шум на рабочих местах создается внутренними источниками – вентиляторы в ПК, и внешними источниками – шум с улицы.

Согласно паспорта ПК уровень ее шумов не превышает 42 дБ, а нормы для проведения исследовательской работы с использованием ЭВМ – 50 дБ. Поэтому никаких мер защиты от шума в нашем помещении не требуется и не предусмотрено.

7.6 Электробезопасность

В процессе использования электроприборов и электрооборудования может возникнуть опасность поражения электрическим током. По опасности поражения током помещение относится к месту без повышенной опасности. Чтобы исключить опасность поражения необходимо соблюдать следующие правила электробезопасности:

- перед включением прибора в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети устройство и устранить неисправность;
- запрещается при включенном устройстве одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.)

- запрещается эксплуатация оборудования в помещениях с повышенной опасностью;
- запрещается включать и выключать устройство при помощи штепсельной вилки. Штепсельную вилку включать и выключать из розетки можно только при выключенном устройстве.

Существуют следующие способы защиты от поражения током в электроустановках:

- предохранительные устройства;
- защитное заземление;
- применение устройств защитного отключения (УЗО);
- зануление.

Самый распространенный способ защиты от поражения током при эксплуатации измерительных приборов и устройств - защитное заземление, которое предназначено для превращения "замыкания электричества на корпус" в "замыкание тока на землю" для уменьшения напряжения прикосновения и напряжения шага до безопасных величин (выравнивание потенциала) [33].

7.7 Пожарная безопасность

Пожар – это неконтролируемое горение вне специально отведенного очага, наносящее материальный ущерб. В соответствии с положениями ГОСТа 12.1.033-81 термин пожарная безопасность обозначает такое состояние объекта, при котором с определенной вероятностью исключается вероятность возникновения и развития неконтролируемого пламени и воздействия на людей опасных критериев пожара, и обеспечение сохранности материальных ценностей [32].

Пожарная безопасность объектов народного хозяйства, в том числе электрических установок, регламентируется ГОСТ 12.1.004-91 «Общие требования» [31], а также строительными нормами и правилами, межотраслевыми Типовыми правилами пожарной безопасности на отдельных объектах.

Здание, в котором находится лаборатория, воздвигнуто из устойчивого к воздействию пожара материала, а именно кирпича, и относится к зданиям второй степени огнестойкости.

В качестве возможных причин пожаров можно указать следующие:

- различные короткие замыкания;
- опасна перегрузка сетей, влекущая за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции;
- нередко пожары происходят при пуске оборудования после ремонта.

Для предупреждения пожаров от короткого замыкания, перегрузок, необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение требуемого режима эксплуатации электросетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Мероприятия, необходимые для предупреждения пожаров:

- проведение противопожарного инструктажа;
- соблюдение норм, правил при установке оборудования, освещения, направленных на предупреждение возникновения пожара;
- эксплуатация оборудования в соответствии с техническим паспортом;
- рациональное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования;
- запрещение курения в установленном месте.

Для тушения пожаров используются воздушно-механическая пена, углекислый газ, а также галогидрированные углеводороды.

На этаже имеются порошковые огнетушители ОП-4 и углекислотные огнетушители ОУ-5.

7.8 Техника безопасности

Любой компьютер является электроприбором и представляет собой потенциальную угрозу. Поэтому при работе с компьютером необходимо соблюдать требования безопасности.

Перед началом работы следует убедиться в исправности электропроводки, выключателей, штепсельных розеток, при помощи которых оборудование включается в сеть, наличии заземления компьютера и его работоспособности.

Во время работы во избежание повреждения изоляции проводов и возникновения коротких замыканий не разрешается: вешать что-либо на провода, закрашивать и белить шнуры и провода, закладывать провода и шнуры за газовые и водопроводные трубы, за батареи отопительной системы, выдергивать штепсельную вилку из розетки за шнур, усилие должно быть приложено к корпусу вилки.

Для исключения поражения электрическим током запрещается: часто включать и выключать компьютер без необходимости, прикасаться к экрану и к тыльной стороне блоков компьютера, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании мокрыми руками, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов, неисправную индикацию включения питания, с признаками электрического напряжения на корпусе, класть на средства вычислительной техники и периферийное оборудование посторонние предметы.

Запрещается под напряжением очищать от пыли и загрязнения электрооборудование.

Запрещается проверять работоспособность электрооборудования в непригодных для эксплуатации помещениях с токопроводящими полами, сырых, не позволяющих заземлить доступные металлические части. Недопустимо под напряжением проводить ремонт средств вычислительной техники и периферийного оборудования. Ремонт электроаппаратуры производится только специалистами-техниками с соблюдением необходимых технических требований.

При обнаружении неисправности немедленно обесточить электрооборудование. Продолжение работы возможно только после устранения неисправности.

При обнаружении оборвавшегося провода необходимо немедленно принять меры по исключению контакта с ним людей. Прикосновение к проводу опасно для жизни. Во всех случаях поражения человека электрическим током немедленно вызывают врача. До прибытия врача нужно, не теряя времени, приступить к оказанию первой помощи пострадавшему.

После окончания работы необходимо обесточить все средства вычислительной техники и периферийное оборудование. В случае непрерывного производственного процесса необходимо оставить включенными только необходимое оборудование.

Длительная работа с компьютером может приводить к расстройствам состояния здоровья. Кратковременная работа с компьютером, установленным с грубыми нарушениям гигиенических норм и правил, приводит к повышенному утомлению. Вредное воздействие компьютерной системы на организм человека является комплексным. Параметры монитора оказывают влияние на органы зрения. Оборудование рабочего места влияет на органы опорно-двигательной системы.

Продолжительность работы при вводе данных, редактировании программ; чтении информации с экрана не должна превышать 4 часа при восьмичасовом рабочем дне.

Режим труда и отдыха операторов, работающих с ПК, должен быть следующим: через каждый час интенсивной работы необходимо устраивать десятиминутный перерыв, при менее интенсивной - через каждые два часа.

Заключение

Сегодня проблема попадания вредных выбросов в атмосферу и вопрос об их снижении решается в различных направлениях, одним из которых считается совершенствование технологических процессов на производстве. Например, продолжается работа по созданию и внедрению малоотходных или совсем безотходных технологий при широком и эффективном использовании методов пыле и газоочистки выбросов на производстве.

1. Выполнен анализ механизмов образования пыли в системах транспортировки дисперсных материалов, проведены оценки концентрации пыли в воздухе при различных устройствах загрузки, выгрузки и перегрузки материалов.
2. Выполнен анализ существующих методов и средств систем обеспыливания воздуха в аспирациях узлов пылевыведения в системах транспортировки дисперсных материалов.
3. Проведен расчет фильтра для аспирации дробилки с малой удельной нагрузкой на фильтрующую поверхность.
4. В качестве нововедения для улучшения процессов аспирации предложено применить в аспирации рукавный фильтр нового типа с малой удельной нагрузкой фильтрующей поверхности фильтра.
5. Разработана схема обеспыливания воздуха в которой последовательно установлен инерционный пылеуловитель и фильтр с обводной линией фильтра.
6. В связи с необходимостью прогнозирования надежности фильтра был проведен анализ существующих методов и средств быстрого определения связности пыли.
7. Предложен осуществлять контроль связности пыли поступающей в систему экспресс-методом разработанным в ТПУ.
8. Сделан вывод о необходимости разработки автоматического управления контроля связности пыли и работой воздухоочистительного агрегата.

По условиям аспирации дробилки найдена оптимальная поверхность фильтра, и фильтр марки ФРКДИ-720 с площадью фильтрующей поверхности равна 720 м².

Рукавные фильтры нашли широкое - этому способствует появление на рынке новых фильтровальных материалов с повышенной температурной и химической стойкостью. Электрофильтры в значительной мере уступают рукавным фильтрам по конструктивным особенностям, связанным с выносом пыли при встряхивании с последних полей, невозможностью достижения высокой эффективности при улавливании пылей и др. При этом следует отметить, что энергетические затраты с учетом энергопотребления высоковольтными источниками питания при эксплуатации рукавных фильтров и электрофильтров, отличаются незначительно.

Кроме того, рукавные фильтры являются экономически выгодными для строительства и возводятся быстрее. Стойкость фильтровальных элементов обеспечивает работоспособность рукавных фильтров без замены рукавов не менее 3-5 лет, а в некоторых случаях и более. Фильтры легко обслуживаются и управляются. Перечисленные преимущества рукавных фильтров объясняют повышенный интерес к ним во всем мире. Так, к 2009 г. прогнозируется увеличение объема мирового рынка рукавных фильтров на 34% [2].

Еще одним из преимуществ применения рукавного фильтра является хорошая ремонтируемость аппарата.

Основным достоинством рукавных фильтров является высокое качество очистки газа от пыли.

В данной работе предлагается в качестве нововведения на цементном производстве для улучшения процессов аспирации загрязнённого воздуха предлагается ввести в эксплуатацию фильтровальный рукав нового типа 3DESA- фильтрпатрон, что позволяет модернизировать рукавные фильтры с плотным расположением рукавов путем замены рукавов и каркасов, что снижает газовую и пылевую нагрузки на рукавный фильтр в 2,5 раза.

Удачная конструкция местного отсоса и вышеперечисленные факторы позволяют с меньшими расходами воздуха снизить запыленность процесса до

ПДК. Уменьшение расходов удаляемого воздуха позволяет использовать в системе аспирации менее мощный вентилятор. Это позволяет снизить энергопотребление системы аспирации и уменьшить начальные финансовые вложения в производство.

Список используемых источников

1. Красовицкий Ю.В., Батищев В.В., Иванова В.Г., Новый подход к проблеме энергосберегающего сухого пылеулавливания при производстве строительных материалов. // Строительные материалы. № 4, 2004. ж. с. 2
2. Промышленное производство цемента сухим способом [Электронный ресурс]: / Центр информ. технологический РГБ; ред. Батурин Т.П. – Электрон. Дан. – М.: Рос. Гос. Б-ка, 1999.
3. Пыль цементного производства и ее альтернативное применение [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов студентов России. – Электрон. текстовые дан. и электрон. граф. дан. – М. : Коррис и Медиа, 2006.
4. Устойчивость обеспыливания воздуха инерционными аппаратами в аспирационных сетях конвейерных систем. Цемент и его применение / Василевский М.В., Зыков Е.Г., Логинов В.С., Разва А.С., Некрасова К.В., Литвинов А.М., Глушко А.Ф., Кузнецов В.А. – М., 2009, с. 17–19.
5. Василевский М.В. Обеспыливание газов инерционными аппаратами. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, – 2008. – 248 с.
6. Бобровников Н.А. Охрана воздушной среды на предприятиях строительной индустрии. М., 1981. – с. 6-9, 52-54.
7. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли в воздушной среде: Вестник / В. Н. Азаров, И. В. Тertiшников, Е. А. Калюжина, Н. А. Маринин. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2011. Вып. 25(44). С. 402—407.
8. Исследование дисперсного состава пыли строительных производств при решении задач охраны труда и экологической безопасности: Метод. рекомендации / Н. Ю. Карапузова, Н. И. Чижов, И. В. Тertiшников, О. А. Мартынова. –М., ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012.
9. Зыков Е. Г. Совершенствование процесса обеспыливания газов при модернизации промышленных систем пыле- и золоулавливания с инерционными аппаратами : автореферат диссертации на соискание ученой

- степени кандидата технических наук: / Е. Г. Зыков ; Томский политехнический университет; науч. рук. В. С. Логинов. — Томск, 2005. — 21 с. : ил.
10. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: справочник / Г.М.-А. Алиев. — М.: Металлургия, 1986. —544 с.: ил.
 11. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности — Калуга: Изд-во Бочкаревой, 2000. — 477 с.: ил.
 12. Штокман Е.А. Очистка воздуха. — М.: Изд-во АСВ, 1999. — 456 с.:ил.
 13. Хрусталева Б.М.. Теплогазоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование — Минск: ДизайнПРО,1997. — 784 с.: 183 ил.
 14. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. — Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. — 210 с.: ил.
 15. Андрианов Е.И. Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов. 1982 — 64 с.
 16. Зимон А.Д.. Адгезия пыли и порошков. Учебное пособие. — Новосибирск: Изд-во Нов. гос. ун-та, 1976 г. — с. 432
 17. Алиев Г.М. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок. Учебник для СПТУ. — 2-е изд, перераб. и доп. — М.: Металлургин, 1980 с.
 18. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. — 73 с.
 19. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 2006. — 399 с.
 20. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

21. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
23. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
24. Правила устройства электроустановок. 7-е издание.
25. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
26. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
27. Федеральный закон 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
28. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
29. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
30. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
31. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
32. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
33. ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
34. Красовицкий Ю.В., Батищев В.В., Иванова В.Г., Новый подход к проблеме энергосберегающего сухого пылеулавливания при производстве строительных материалов. // Строительные материалы. № 4, 2004. ж. с. 2
35. Байтренас П.Б. Обеспыливание воздуха на предприятиях стройматериалов. М., 1990. – 15-17 с.

36. Данельянц Д.С. // Диссертация. 03.10.2000. Совершенствование процесса гидродинамического обеспыливания воздуха рабочей зоны конвейеров и узлов перегрузки сыпучих материалов.

Приложение

Таблица 1П

Марка фильтра	Площадь фильтр. пов- ти, м ²	Кол-во секции, шт.	Кол-во рукавов в секции, шт	Диаметр рукава. мм	Высота рукава. м
1	2	3	4	5	6
ФР-6П	18	1	6	390	2.5
ФТ-2М	20	1	12	300	1.8
ФТНС-4М	12.4	1	4	386	2.6
ФТНС-8М	24.8	2	4	386	2,0
ФТНС-12М	37,2	3	4	386	2,6
ЦА-3804	4140	3	-	-	-
ФРУ	2,5 - 50	1-4	14; 28; 42; 56	125	0.9;1; 2; 2.5
ФРН-20	20	2	32	130	1.63
ФРН-30	30	2	48	130	1.63
ФР-250	281	4	288	135	2,3
СМЦ-101А	50;55; 110: 115;205	2	36	200	2,2; 2.45; 4,9; 5,1; 9.1
РФГ	112; 168: 224: 280	4; 6: 8; 10	56; 84;112; 140	220	3,1
УРФМ	1610: 2300	14: 20	588;840	220	4.0
Г4-1БФМ	30; 45:60:90	2; 3; 4; 6	36: 54; 72; 108	135	2,09
Г4-2БМФ	60; 90	4:6	72; 108	135	2,09
ФР-518 (650)	518 (650)	6	72 (90)	127	3.0
ФР-5000	5000	8	504	127	3.09
ФРДО-6500	6500	10	212	130	7.85
ФРО-2400-1	2400	8	42	200	8
ФРО-6000-2	6000	10	54	300	10
ФРО-20300-3	20300	10	216	300	10

РФОСП	1,9 -136	-	2 -2 4	-	1 -6
РФСП-П	370	4	22	300	4.8
РФСП-1580	1580	20	24	-	-
ФРКИ-30	30	1	36	135	2
ФРКИ-В-30	30	1	36	135	2
ФРКИ-60	60	2	36	135	2
ФРКИ-В-60	60	2	36	135	2
ФРКИ-90	90	3	36	135	2
ФРКИ-В-90	90	3	36	135	2
ФРКИ-180	180	4	36	135	3
ФРКИ-360	360	8	36	135	3
ФРКИ-550	550	6	36	135	6
ФРКДИ	720	8	36	135	6
ФРКДИ-1100	1100	12	36	135	6