


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра Безопасности труда и инженерной экологии

Специальность 6М073100 – «Безопасность жизнедеятельности и защита
окружающей среды»

Допущен к защите
Зав. кафедрой БТИЭ
 Абикенова А.А.
« » 20__ г.

МАГИСТЕРСКИЙ ПРОЕКТ
пояснительная записка

Тема Высокоэффективные капиллярно-пористые управляемые
теплообменные пылегазоуловители

Магистрант  Галиев Р.А.
подпись

Руководитель проекта  Дюсебаев М.К.
подпись

Рецензент _____ Умышев Д.Р.
подпись

Алматы, 2019 г.

**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Институт теплоэнергетики и теплотехники

Специальность 6М073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

Кафедра Безопасности труда и инженерной экологии

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерского проекта

Магистранту: Галиеву Рамилю Айтбаевичу

(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта: «Высокоэффективные капиллярно-пористые управляемые теплообменные пылегазоуловители»

утверждена Ученым советом университета №161 от 23. 10.2017 г.

Срок сдачи законченного проекта 10.01.2019 г.

Цель исследования: Разработка мероприятий по снижению запылённости воздуха рабочей зоны тракта топливоподачи ТЭЦ-2.

Перечень подлежащих разработке в магистерском проекте вопросов или краткое содержание магистерского проекта:

Исследование базовой литературы по проблеме исследовательской работы;

Проведение комплексных исследований по изучению технологических процессов производства;

Анализ уменьшения /увеличения выбросов загрязняющих веществ до и после реконструкции.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рекомендуемая основная литература:

Гигиенические нормативы к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах. Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 168.

Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли М.: Химия, 1981. 392 с.

Дюсебаев М. К. Пылеподавление пеной на горнорудных предприятиях Алма-Ата: Наука, 1989. - 128 с.

Генбач А.А, Генбач Н.А. Исследование пеногенератора с обогреваемой поверхностью // Вестник АИЭС. – Алматы. – 2009. - №4. – с. 24-27.

А.с. 1202598 СССР. Пеногенератор воздушно-механической пены / Дюсебаев М. К, Генбач А. А. Оpubл. в Б. и., 1986. № 1.

Г Р А Ф И К
подготовки магистерского проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Обзор и анализ существующего состояния основного оборудования ТЭЦ-2, технические решения.	01.09.2017 30.12.2017	
Изучение и характеристика объекта, состав и обоснование выбора основного оборудования	03.01.2018 21.04.2018	
Производственная программа, программа испытаний топливоподачи, расчет эффективности пылеподавления пенным способом	23.04.2018 26.05.2018	
Анализ уменьшения (увеличения) выбросов ЗВ до и после реализации проектных решений	04.06.2018 29.12.2018	
Формулировка заключения и выводов по проведенным исследованиям	03.01.2019 10.01.2019	

Дата выдачи задания _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) Абикенова А.А.
(Ф.И.О.)

Руководитель проекта _____
(подпись) Дюсебаев М.К..
(Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант _____
(подпись) Галиев Р.А.
(Ф.И.О.)

Аннотация
на магистерскую диссертацию
6M073100 – «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей
среды»

Тема магистерской диссертации: «Высокоэффективные капиллярно-пористые управляемые теплообменные пылегазоуловители»
(Пылеподавление пеной на топливоподаче Алматинской ТЭЦ-2)

Галиев Рамиль Айтбаевич

В настоящее время основными проблемами многих тепловых электрических центральных в Казахстане являются: физический износ основного и вспомогательного оборудования, загрязнение атмосферного воздуха, размещение золошлаковых отходов.

Анализ существующих проблем в области пылеулавливания и пылеподавления позволил сформулировать цель работы, которая состоит:

1. Изучении способов борьбы с пылью, усовершенствование их и выбор мероприятий по снижению запылённости.
2. Исследовании свойства пены и характеристики растворов ПАВ, применяемых для пылеподавления, разработать способы их улучшения, а также повышения эффективности улавливания газовыми пузырьками тонкодисперсных частиц пыли.
3. Выявить общие закономерности влияния методов активации растворов ПАВ и пены (электрический, магнитный и термический) на свойства и процесс генерации пены, позволяющих повысить эффективность пылеприготовления.
4. Определении наиболее эффективного способа уменьшения содержания угольной пыли на ТЭС и разработать основы по его применению.

Для достижения поставленной цели был выделен ряд задач, а именно:

- анализ текущего состояния и основные проблемы Алматинской ТЭЦ-2;
- анализ экологических показателей ТЭЦ-2;
- пути реконструкции узлов пересыпки ленточных конвейеров;
- оптимального метода пылеулавливания и пылеподавления на узлах пересыпки ленточных конвейеров топливоподачи;
- определение экологических показателей ТЭЦ-2 после внедрения пенопылеподавления.

Объектом исследования является теплоэлектроцентраль ТЭЦ-2 г. Алматы.

Метод исследования – технико-экономический расчет для определения эффективности пенопылеподавления.

Теоретической основой исследования послужили нормативно-правовые, нормативно-технические документы в сфере энергетики, экологии, технические отчеты и экологические отчеты ТЭЦ-2, техническая литература и труды зарубежных и казахстанских авторов.

Ключевые слова: теплоэлектроцентраль, пеногенератор, ленточный конвейер, экологическая безопасность.

Диссертация состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Все разделы являются практическими. Основное содержание работы изложено на 101 странице машинописного текста, иллюстрированного 7 таблицами и 39 рисунками.

Практическая значимость работы состоит в том, что результаты могут быть использованы в проектных, научно-исследовательских и эксплуатационных организациях при решении задач перспективного и экологически безопасного развития энергетического комплекса не только нашей, но и других стран.

Дата: январь 2019 г.

Галиев Р.А.

(подпись диссертанта)

Андатпа
магистрлік диссертацияға
6M073100 – «Қоршаған ортаны қорғау және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі»

Магистрлік диссертациясының тақырыбы:
«Капиллярлы кеуекті бақыланатын жылу алмастырғыш және
шаңсорғыштар»
(Алматы ЖЭО-2 отын жеткізу жүйесінде көбікпен шаң басу)

Галиев Рамиль Айтбаевич

Қазіргі кезде Қазақстандағы көптеген жылу электр орталықтарының басты мәселелері: негізгі және қосымша жабдықтардың физикалық тозуы, атмосфералық ауаның ластануы, күл-қож қалдықтарының жиналуы.

Шаңды ұстау, шаңды басу аймағына қатысты осы мәселелерді талдау жұмыстың келесі мақсаттарын айқындауға мүмкіндік берді:

1. Шаңмен күресу тәсілдерін үйрену, оларды дамыту және шаңдылықты төмендету шараларын таңдау.
2. Шаңды басуға қолданылатын көбіктің қасиеттерін және ББЗ ерітінділерінің сипаттамаларын зерттеу, оларды жақсарту тәсілдерін жетілдіру, сонымен қатар майдадисперсиялы шаң бөлшектерін газ көпіршіктерімен ұстау тиімділігін арттыру.
3. Тозаң дайындау тиімділігін арттыратын ББЗ ерітінділерін және көбіктерді белсендіру әдістерінің көбікті жинау құбылысына және қасиетіне әсерінің жалпы заңдылықтарын анықтау.
4. ЖЭС көмір шаңын азайтудың ең тиімді әдістерін анықтау және оны қолданудың негізін дамыту.

Қойылған мақсатқа жету жолында бірқатар тапсырмалар айқындалды, соның ішінде:

- Алматы ЖЭО-2 қазіргі күйіне және негізгі мәселелеріне талдау жасау;
- ЖЭО-2 экологиялық көрсеткіштеріне талдау жасау;
- отын жеткізудің ленталық конвейерлерінің аударып салу түйіндерін қайта қалпына келтіру жолдарын анықтау;
- отын жеткізудің ленталық конвейерлерінің аударып салу түйіндерінде шаңды ұстап және шаңды басудың ең тиімді әдістерін анықтау;
- көбікпен шаңды басу шараларын енгізгеннен кейінгі ЖЭО-2 экологиялық көрсеткіштерін анықтау.

Зерттеу объектісі Алматы қаласындағы жылуэлектр орталығы ЖЭО-2 болып табылады.

Зерттеу әдісі – көбікпен шаңды басу тиімділігін анықтау үшін технико-экономикалық есептеулер.

Зерттеудің теориялық негізі энергетика, экология саласындағы нормативті-құқықтық, нормативті-техникалық құжаттар, ЖЭО-2 техникалық және экологиялық есеп беру құжаттары, техникалық әдебиеттер мен шетелдік және қазақстандық авторлардың еңбектері болып табылады.

Түйіндік сөздер: жылу электр орталығы, көбік генераторы, ленталық конвейер, экологиялық қауіпсіздік.

Диссертация кіріспеден, 5 негізгі бөлімнен, қорытындыдан, қолданылған әдебиеттер тізімінен және қосымшадан тұрады. Барлық бөлімдер тәжірибелік болып табылады. Жұмыстың негізгі мазмұны машиналық текстегі 101 парақтан, 7 кестеден және 39 суреттен тұрады. Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы болып, оның нәтижесінің жобалық, ғылыми-зерттеу және эксплуатациялау ұйымдарында, біздің ғана емес, сондай-ақ басқа елдердің энергетикалық кешендерінің болашақ және экологиялық қауіпсіз даму тапсырмаларын шешу кезінде қолданылуы.

Күні: қаңтар 2019 ж.

Галиев Р.А.

(диссертант қолы)

ABSTRACT

**Of the thesis for the academic master's degree in the speciality:
6M073100 – "Life safety of and environmental protection"**

**Theme of the master's thesis:
«Highly effective capillary-porous controlled heat exchange dust and gas
catchers»**

Galiyev Ramil Aytbaevich

Now the main problems of combined heat and power plants are: physical wear of the capital and pollution of atmospheric air, placement the zoloshlakovykh of waste.

The analysis of existing problems in the field of dust collection and dust suppression allowed to to formulate the purpose of the work, which consists of:

1. Studying ways of dealing with dust, improving them and choosing measures to reduce dustiness.

2. Investigation of the foam properties and characteristics of surfactant solutions used for dust suppression, to develop ways to improve them, as well as to increase the efficiency of trapping gas bubbles of fine dust particles.

3. To identify the general patterns of the influence of methods for activating solutions of surfactants and foams (electric, magnetic and thermal) on the properties and the process of generating foam, allowing to increase the effectiveness of dust preparation.

4. Determine the most effective way to reduce the content of coal dust in thermal power plants and develop a framework for its use.

To achieve this goal, a number of tasks were identified, namely:

- analysis of the current state and the main problems of the Almaty CHPP-2;
- analysis of environmental indicators of CHPP-2;
- ways of a reconstruction of nodes of a discharge of belt conveyors;
- the optimal method of dust collection and dust suppression at the transfer points of the fuel conveyor belts;
- determination of environmental indicators of CHPP-2 after the introduction of foam suppression.

Object of a research is the Almaty combined heat and power plant 2.

The research method is a feasibility study for determining the effectiveness of foam suppression.

The theoretical basis of the study was the regulatory, regulatory and technical documents in the field of energy, ecology, technical reports and environmental reports of CHP-2, technical literature and works of foreign and Kazakhstan authors.

Key words: combined heat and power plant, foam generator, belt conveyor, environmental safety.

The thesis consists of an introduction, 5 sections, conclusion, list of used sources and applications. All sections are practical. The main content of the work is set out on 101 pages of typewritten text, illustrated with 7 tables and 39 figures.

The practical significance of the work lies in the fact that the results can be used in design, research and operational organizations in solving problems of prospective and environmentally safe development of the energy complex not only of ours, but also of other countries.

Date: January 2019

Galiyev R.A.
(dissertation signature)

Содержание

Введение.....	5
1. Общие понятия о пыли и ее классификация.....	6
2. Состояние проблемы загрязнения воздушной среды мелкодисперсной пылью и её влияния на здоровье человека.....	10
2.1. Влияние мелкодисперсной пыли на здоровье человека.....	10
2.2. Профилактика заболеваний, вызванных действием пыли.....	15
2.3. Места выделения пыли в воздух производственных помещений.....	16
2.4. Определение концентрации пыли в воздухе производственных помещений.....	18
2.5. Пути решения предупреждения пылеобразования, пылеподавления и пылеулавливания.....	24
2.6. Существующие методы сокращения вредных выбросов в атмосферу на ТЭС и воздушной среды рабочих мест и зон обслуживания от угольной пыли.....	27
2.6.1. Аппараты сухой инерционной очистки.....	29
2.6.2. Мокрые золоуловители и пылеуловители.....	41
2.6.3. Электрофильтры.....	46
2.6.4. Рукавные фильтра.....	50
3. Выбор оптимального метода пылеулавливания и пылеподавления на узлах пересыпки ленточных конвейеров топливоподдачи.....	56
3.1. Обеспыливание воздуха пенным способом.....	57
3.2. Основные свойства пены.....	59
4. Обоснование выбора оптимального метода пылеулавливания и пылеподавления на узлах пересыпки ленточных конвейеров топливоподдачи.....	79
5. Экспериментальные исследования для внедрения процесса обеспыливания пеной узлов пересыпки тракта топливоподдачи.....	82
6. Список литературы.....	98

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Одной из наиболее важных экологических проблем в настоящее время является запыленность городской и жилой зоны, в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий. Основными источниками поступления взвешенных частиц в атмосферный воздух крупных городов являются: выбросы автотранспорта, предприятия черной и цветной металлургии, машиностроения, производство строительных материалов, станции перегрузки мусора, дробильно-сортировочные комплексы по переработке полезных ископаемых и отходов, работы по сносу зданий, землеройные работы, незадернованные участки земель, разрыхленные и удобренные почвы и т. п.

На сегодняшний день на промышленных предприятиях существует огромное количество технологических процессов, влекущих за собой образование пыли в воздухе рабочей зоны. Ежегодно в атмосфере оказывается миллионы тонн взвешенных частиц пыли. Загрязнение воздушной среды не только ухудшает экологическую обстановку и здоровье трудящихся, но и оказывает отрицательное влияние на состояние атмосферы и почв, ухудшает качество сельскохозяйственной продукции, приводит к преждевременному износу зданий, сооружений и оборудования, основных фондов промышленности и объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Несмотря на то, что в результате деятельности Европейской экономической комиссии организации объединённых наций (ЕЭК ООН) качество атмосферного воздуха в Европе за последние 15 - 20 лет значительно улучшилось, имеются убедительные доказательства того, что нынешние уровни загрязнения воздуха по-прежнему представляют значительную угрозу для окружающей среды и здоровью человека [1]. В первую очередь, в документах ЕЭК определены конкретные обязательства стран по уменьшению выбросов основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, и показатели, которые должны быть достигнуты странами-членами ЕЭК ООН к 2020 г. и в последующие годы. В них впервые содержатся обязательства уменьшить выбросы взвешенных частиц, особенно от мелкодисперсной пыли (PM). Стандарты содержания мелкодисперсных частиц в воздухе установлены в официальных документах Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Евросоюза [2, 3, 4]. В РК содержание мелкодисперсных частиц фракций PM_{2.5} и PM₁₀ нормируется с 2010 г. Среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) составляет 0,035 мг/м³ (PM_{2.5}) и 0,06 мг/м³ (PM₁₀); максимальная разовая — 0,16 мг/м³ и 0,3 мг/м³; среднегодовая — 0,025 мг/м³ и 0,04 мг/м³ соответственно [5].

Предполагается [6], что наибольшую опасность для человека представляют частицы пыли размером до 5 мкм. Они легко проникают в легкие и там оседают, вызывая разрастание соединительной ткани, которая не способна передавать кислород из вдыхаемого воздуха гемоглобину крови и выделять углекислый газ. Развивающиеся при этом профессиональные заболевания называют пневмокониозами. Форма пневмокониозов зависит от вида вдыхаемой пыли:

силикоз - при вдыхании кварцосодержащей и силикатной пыли, антракоз - угольной пыли, асбестоз — асбестовой, сидероз — железной, амилоз — мучной и крахмальной пыли, алюминоз — глины и др. Антракоз характеризуется относительно медленным развитием и часто сочетается с пылевым бронхитом. Изменения в легких возникают спустя 15 и более лет работы во вредных условиях. Это объясняется свойствами угольной пыли повышать активность фагоцитоза, что способствует гиперсекреции слизистых желез и усиленному выведению мокроты вместе с пылью. Но эта информация отрывочная (достаточно единична) и её недостаточно. Поэтому для более полного понимания о пространственных и временных вариациях взвешенных частиц необходимо проводить еще большее количество научно-исследовательских работ.

Цель работы:

5. Изучение способов борьбы с пылью, усовершенствование их и выбор мероприятий по снижению запылённости;

6. Исследовать свойства пены и характеристики растворов ПАВ, применяемых для пылеподавления, разработать способы их улучшения, а также повышения эффективности улавливания газовыми пузырьками тонкодисперсных частиц пыли.

7. Установить общие закономерности влияния методов активации растворов ПАВ и пены (электрический, магнитный и термический) на свойства и процесс генерации пены, позволяющих повысить эффективность пылеприготовления.

8. Определить наиболее эффективный способ уменьшения содержания угольной пыли на ТЭС и разработать основы по его применению.

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ПЫЛИ И ЕЕ КЛАССИФИКАЦИЯ

Пыль представляет собой дисперсную систему с газообразной дисперсионной средой и твердой дисперсной фазой, состоящей из частиц от квазимолекулярного до макроскопического размеров, обладающих свойством находиться во взвешенном состоянии более или менее продолжительное время.

Аэрозоли также представляют собой дисперсные системы с газообразной (воздушной) дисперсионной средой и твердой или жидкой дисперсной фазой. Скорость оседания частиц аэрозоля очень мала, и они могут неопределенно долгое время находиться во взвешенном состоянии. Наиболее тонкие частицы аэрозоля по размерам приближаются к наиболее крупным молекулам, а наиболее крупные достигают 1 мкм. В технической литературе термины грубый аэрозоль и пыль являются синонимами.

Пыли и аэрозоли обычно полидисперсны, т. е. частицы их дисперсной фазы имеют неодинаковый размер. В природе и технике монодисперсные пыли и аэрозоли встречаются крайне редко.

Масса частиц, содержащихся в единице объема газа или воздуха, называется концентрацией пыли, пылесодержанием или запыленностью [7].

Атмосферные частицы классифицируют по размерам следующим образом:

- крупные частицы (средний диаметр 20 мкм) – сосредоточены в нижнем слое тропосферы (до 3000 м), осаждаются под действием силы тяжести, но могут переноситься ветром на большие расстояния;

- полутонкая пыль (диаметр 0,1 – 5 мкм) – осаждается с трудом или не осаждается вовсе. Частицы размером меньше 1 мкм служат ядрами конденсации водяного пара. Для частиц диаметром менее 0,1 мкм из-за броуновского движения осаждение в обычных условиях невозможно (эти частицы называют аэрозолем);

- тонкая (микроскопическая) неосаждающаяся пыль (диаметр менее 0,001 мкм), это так называемые частицы Айткена.

Большинство атмосферных частиц, удерживающихся в воздухе в течение длительного времени, имеют диаметр 0,1 – 5 мкм. Тонкая и частично полутонкая пыль не осаждается в местах выброса при сухой атмосфере и может поэтому попасть в потоки региональных и глобальных загрязняющих веществ [8].

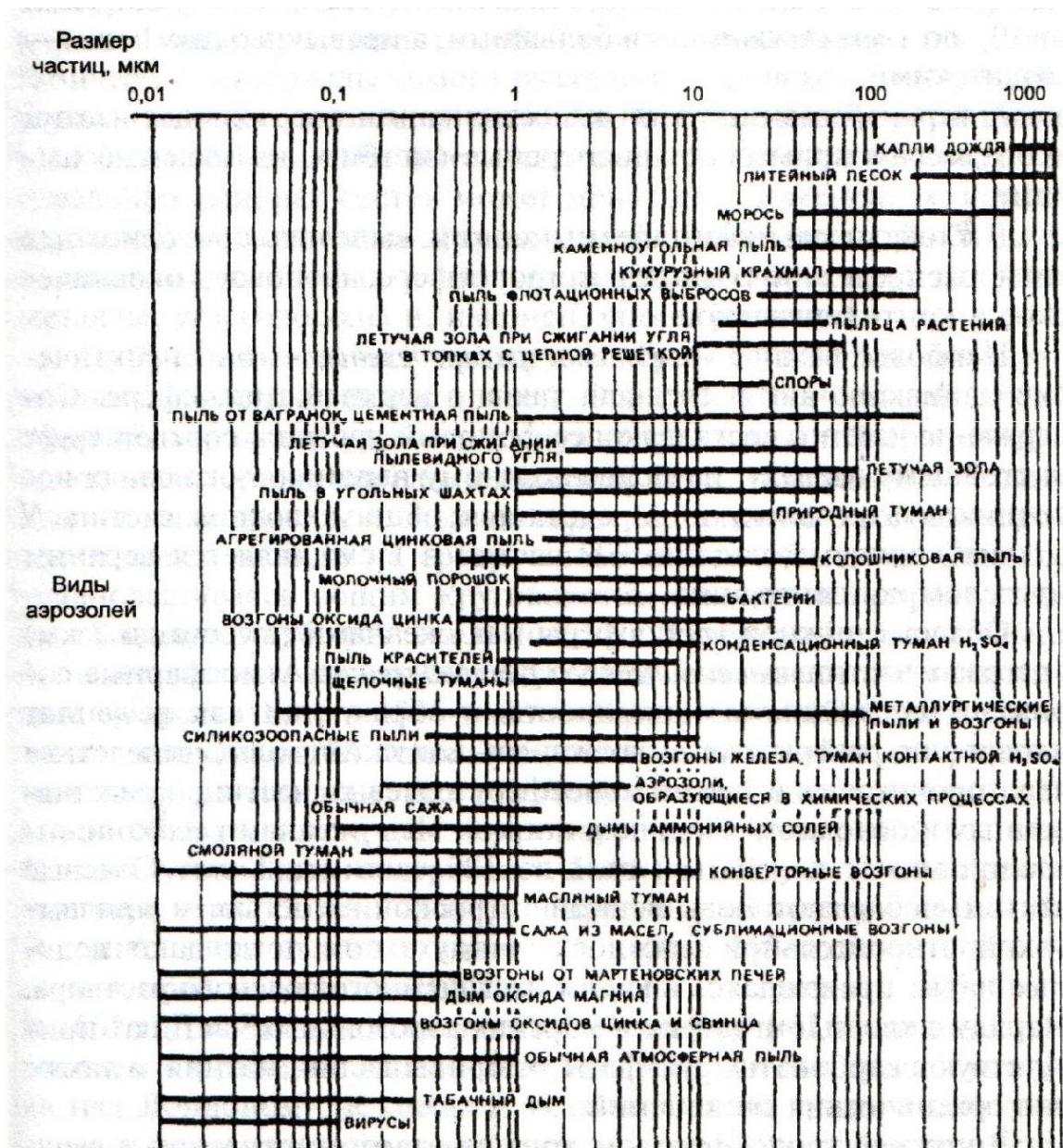


Рис. 1.1. Самые распространенные природные и промышленные аэрозоли (мкм)

Выполнение многих технологических процессов связано с выделением пыли в воздух рабочей зоны. Существует два варианта образования пыли: первый — при разрушении или измельчении твердых материалов и транспортировке сыпучих веществ; второй — вследствие охлаждения и конденсации паров металлов и неметаллов, выделяющихся при высокотемпературных процессах (сварке, плавке, пайке и т. п.).

Вредное влияние пыли обусловлено многими факторами: физико-химическими свойствами, размерами и формой пылевых частиц; концентрацией их в воздухе рабочей зоны; длительностью воздействия ее в течение смены и профессиональным стажем; другими неблагоприятными производственными факторами и особенностями трудовой деятельности. Например, при усиленном дыхании в процессе выполнения тяжелой физической работы (особенно в

условиях повышенной температуры воздуха) увеличивается поступление пыли в организм, а загазованность воздуха усугубляет ее негативное действие.

Кроме того, пыль увеличивает износ машин и оборудования, ухудшает санитарное состояние производственных помещений, снижает уровень освещенности вследствие загрязнения световых проемов, ламп и осветительной арматуры, может способствовать возникновению пожаров и взрывов. Являясь гидрофобной, угольная пыль падает в лужи воды на земле, оставаясь часами на их поверхности. И эту гидрофобную природу угольной пыли невозможно изменить воздействием еще большего количества воды. Поэтому для изменения физических свойств воды добавляют химические реагенты (ПАВы), которые уменьшают поверхностное натяжение воды и способствуют увлажнению пыльных частиц.

Химический состав пыли определяет многообразие воздействия ее на организм. Специфическое влияние проявляется прежде всего при вдыхании пыли, меньшее значение имеет заглатывание ее со слюной и слезью. Вдыхание пыли преимущественно может вызывать поражение органов дыхания — бронхит, пневмокониоз (лат. *pneumon* — легкое + *conia* — пыль) или развитие общих реакций — аллергии и интоксикации. Некоторая пыль (например, асбестовая) обладает канцерогенными свойствами. Неспецифическое действие пыли проявляется в заболеваниях верхних дыхательных путей, слизистой оболочки глаз, кожных покровов. Вдыхание пыли может способствовать развитию пневмонии, туберкулеза, рака легких.

В отношении развития пневмокониоза особенно опасны пыль диоксида кремния (SiO_2) и его кристаллические модификации, несколько менее пыль силикатов, — угольная. Пыль этих видов практически нерастворима. Задерживаясь при вдыхании в глубоких отделах дыхательной системы, она вызывает патологические изменения, среди которых наиболее опасно образование соединительной ткани в легких. Растворимые пыли, задерживаясь в дыхательных путях, всасываясь и попадая в кровь, оказывают влияние на организм в зависимости от их химического состава. Например, сахарная пыль, пыль свинца и меди оказывают токсическое действие, а пыль некоторых органических и неорганических соединений (хром, бериллий) вызывает развитие аллергии и специфические патологические изменения.

Дисперсность пыли определяет ее устойчивость в воздушной среде, возможность и глубину проникания в дыхательные пути. Частицы размером свыше $(10...20)10^{-6}\text{м}$ быстро выпадают из воздуха. При вдыхании они задерживаются в верхних дыхательных путях. Частицы размером $(0,25...10)10^{-6}\text{м}$ более устойчивы в воздухе и при вдыхании попадают в альвеолы (в основном частицы размером до $5 \cdot 10^{-6}\text{м}$). Частицы размером $(0,1...0,25)10^{-6}\text{м}$ меньше времени витают в воздухе: сталкиваясь друг с другом в результате броуновского движения, они укрупняются и выпадают из него. В легких задерживается 60...70% таких частиц, но их роль в развитии пылевых поражений невелика ввиду небольшой общей массы.

Группы дисперсности пыли:

- I - очень крупнодисперсная пыль, $d_{50} > 140$ мкм,
 - II - крупнодисперсная пыль, $d_{50} = 40-140$ мкм,
 - III - среднедисперсная пыль, $d_{50} = 10-40$ мкм,
 - IV - мелкодисперсная пыль, $d_{50} = 1-10$ мкм,
 - V - очень мелкодисперсная пыль, $d_{50} < 1$ мкм.
- d_{50} - среднее значение эффективного диаметра 50 частиц пыли.

Форма частиц влияет на устойчивость пылевого аэрозоля. Частицы сферической формы быстрее выпадают из воздуха и легче проникают в легочную ткань. Пыль стекловолокна и слюды вызывает микротравмирование клеток эпителия верхних дыхательных путей, а при попадании на кожу и слизистую оболочку глаза оказывает раздражающее действие.

Твердость пылевых частиц не имеет существенного значения в определении их вредности. Структура же частиц влияет на фиброгенную активность. Например, аморфный диоксид кремния менее вреден, чем кристаллический. Электростатическая зарядность частиц пыли влияет на устойчивость аэрозоля и его биологическую активность. Несущие электрический заряд частицы в 2...8 раз чаще задерживаются в дыхательных путях. Адсорбционные свойства пыли могут служить причиной поступления вместе с ней газообразных токсических веществ, различных патогенных микроорганизмов и спор, вызывающих грибковые заболевания.

2. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛЬЮ И ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

2.1. Влияние мелкодисперсной пыли на здоровье человека.

Как было сказано выше, загрязнение воздушной среды мелкодисперсной пылью наносит огромный материальный ущерб экономике, обусловленный ускоренным разрушением двигателей воздушной и наземной техники, строительных материалов, металлов, резины, тканей, бумаги, красок и т. п., а также значительный вред биосфере, в частности здоровью человека.

Взвешенные частицы РМ представляет собой широко распространенный загрязнитель атмосферного воздуха, присутствующий в местах проживания людей.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), это влияние обусловлено как кратковременной (в течение часов или дней), так и долговременной (в течение месяцев или лет) экспозицией и включает: респираторную и сердечно-сосудистую заболеваемость, например, обострение астмы и респираторных симптомов и рост числа случаев смерти госпитализации; смертность от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний и от рака легкого.

Имеются достаточные доказательства [1, 6, 9] влияния кратковременной экспозиции РМ₁₀ на дыхательную систему, однако с точки зрения смертности (и

особенно смертности в случае долговременной экспозиции) более значимым фактором риска, чем грубая фракция PM_{10} (частицы с диаметром в пределах 2,5-10 мкм), являются $PM_{2,5}$. По имеющимся оценкам, при увеличении концентрации PM_{10} на 10 мкг/м суточная смертность от всех причин возрастает на 0,2-0,6%. В условиях хронической экспозиции $PM_{2,5}$ каждое повышение концентрации $PM_{2,5}$ на 10 мкг/м сопряжено с ростом долговременного риска кардиопульмональной смертности на 13%. Особенно уязвимыми являются чувствительные группы людей, страдающих заболеваниями легких или сердца, а также люди пожилого возраста и дети.

Исходя из этого, в последнее время по всему миру проводится всё больше эпидемиологических исследований по оценке воздействия мелкодисперсной пыли ($PM_{2,5}$ и PM_{10}), витающей в воздухе городов и сельской местности, на здоровье человека и биосферы и какая из них наиболее вредна. Некоторые из этих работ приведены в данном обзоре.

Мелкодисперсная пыль и респираторные заболевания. Известно, что вдыхание человеком с воздухом мелкодисперсной пыли может привести к различным респираторным заболеваниям. Например, результатом научного исследования [10] было доказано, что загрязнение воздуха взвешенными частицами PM_{10} от движения автотранспорта вызвало увеличение на 6% общей смертности различных групп населения Австрии, Швейцарии и Франции или дополнительно около 40 000 смертей в год, а также более 25 000 случаев хронического бронхита у взрослых, дополнительно 290 000 случаев бронхита у детей и пол миллиона приступов астмы.

Авторы работы [11] предполагают, что в исследованиях по хронической болезни легких, астме и респираторных госпитализациях, PM_{10} имеет более сильный краткосрочный эффект, чем $PM_{2,5}$, так как PM_{10} быстрее приводит к неблагоприятным реакциям в легких, приводящих к госпитализации. В работе [12] было исследовано влияние $PM_{2,5}$ и PM_{10} на функции легких у 285 детей с бронхиальной астмой. Результаты исследования подтвердили уязвимость и подверженность риску здоровья от мелкодисперсной пыли у данной группы населения.

Аналогичные результаты были получены в работе [13], в которой исследовались и подтвердились неблагоприятные последствия загрязнения воздуха мелкими частицами $PM_{2,5}$ и PM_{10} на дыхательные функции наиболее уязвимой группы населения - пожилых людей.

Авторами исследования [14] доказано, что снижение концентрации PM_{10} в воздухе в течение 11-летнего периода оказывает положительное влияние на симптомы респираторных заболеваний среди взрослых Швейцарии.

В исследовании [15] изучалась связь между средней долгосрочной концентрацией $PM_{2,5}$ в атмосферном воздухе и смертностью от рака легких среди 188 699 ни разу не куривших в течение всей жизни участников. Результаты 26-летнего исследования показывают, что каждое увеличение концентрации $PM_{2,5}$ на 10 мкг/м³ было связано с увеличением смертности от рака легких на 15 - 27%.

Исходя из вышеперечисленных исследований, можно сделать вывод о негативном воздействии мелкодисперсной пыли на респираторную систему человека.

Мелкодисперсная пыль и сердечно-сосудистая система человека.

Считается, что мелкодисперсная пыль, находящаяся в воздухе, влияет также и на сердечно-сосудистую систему человека. Данной тематике посвящено множество научных работ и ниже указаны некоторые из них. Результаты исследования [16] дают правдоподобные объяснения для установления связи между загрязнением воздуха и сердечно-сосудистыми заболеваниями, используя экспериментальную модель животного. Исследования проводились на хомяках, вдыхающих в течение одного часа частицы $PM_{2,5}$ дизельных выхлопов. В образцах крови, взятых после 30 и 60 минут от начала эксперимента, обнаружили агрегацию тромбоцитов, сохранявшуюся вплоть до суток после завершения опыта. В научной работе [17] убедительно доказано, что мелкодисперсные частицы воздуха являются фактором риска для причинно-специфической смертности от сердечно-сосудистых заболеваний с помощью механизмов, которые вызывают легочное и системное воспаление, ускоряют атеросклероз и изменяют сердечные вегетативные функции.

В работе [18] исследуются когерентные связи между ежедневными изменениями концентраций $PM_{2,5}$ в воздухе и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, ранних физиологических реакций у здоровых лиц, госпитализации и обострениями болезней у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями, в частности ишемической болезни сердца и аритмии. В ходе исследования было установлено, что присутствие в воздухе $PM_{2,5}$ связано с повышенным риском смертности от ишемической болезни сердца и аритмии.

Воздействие загрязненного воздуха, а именно выбросов от сжигания (твердых частиц, мутагенных и канцерогенных полициклических ароматических углеводородов, нитро-ПАУ и др.) на сердечно-легочные, сердечно-сосудистые заболевания и репродуктивные функции человека подробно рассмотрено в исследовании [19]. Доказано, что ряд мутагенных и канцерогенных химических веществ, образующихся при этом, являются существенными источниками воздействия на здоровье человека, которые могут привести к репродуктивным и сердечно-сосудистым нарушениям.

Таким образом, исходя из лишь некоторой части исследований, посвященных воздействию взвешенных частиц в воздухе на сердечно-сосудистую заболеваемость человека, можно убедительно констатировать опасность для риска здоровья людей при любой экспозиции при вдыхании мелкодисперсной пыли из воздуха для всей биосферы.

Мелкодисперсная пыль и смертность населения.

На данный момент опубликовано много научных работ, посвященных исследованию связи мелкодисперсной пыли в воздухе и смертности населения.

Был оценен относительный риск смертности, связанный с долгосрочным воздействием $PM_{2,5}$ по регионам и возрастным группам США на период 2000-2005 года [20]. В ходе исследования был сделан вывод о том, что в восточном и

центральных регионах США увеличение концентрации $PM_{2,5}$ в воздухе на 10 мкг/м^3 связано с 6,8% и 13,2%-ным увеличением случаев смерти соответственно. Что касается западного региона, а также возрастной группы старше 85 лет, то никакой взаимосвязи авторами обнаружено не было.

Также проводилось исследование влияния взвешенных частиц диаметром меньше $2,5 \text{ мкм}$ ($PM_{2,5}$), находящихся в воздухе, на здоровье пожилых людей (старше 75 лет) в Мадриде (Испания) [21]. Результатом исследования стало доказательство того, что данное влияние является значительным и составляет 5,41% смертей от всех причин, 8,12% смертей, связанных с кровеносной системой и 10,9% смертей, связанных с респираторными заболеваниями.

Авторы научной работы [22], используя ежедневное измерение загрязнения воздуха PM_{10} и смертность в Афинах, Греция (в период 2001 - 2006 годов), исследовали воздействие твердых частиц PM_{10} на общую и специфическую смертность переносимой и непереносимой ветром пустыни пыли в течение суток и для всех возрастов. Увеличение концентрации PM_{10} на каждые 10 мкг/м^3 было связано с 0,71% увеличением всех случаев смерти. Анализы исследования показывают, что частицы, не связанные с движением ветра, имеют более токсичное влияние на здоровье человека, чем те частицы, которые прилетели из дальних районов.

В работе [23] исследовалась связь между длительным воздействием ряда загрязняющих веществ в воздухе (в том числе $PM_{2,5}$ и PM_{10}) и причин смертности населения Англии. В ходе исследования сделан вывод о доказанной связи увеличения смертности населения от всех причин от загрязнения воздуха мелкодисперсной пылью. Это подтверждается данными, полученными ранее для юго-запада Франции [24], в котором показано исследование взаимосвязи загрязнения воздуха твердыми частицами и смертности населения. Результаты исследования говорят о значительной положительной связи между загрязнением воздуха и всех неслучайных и специфических смертей в двух возрастных группах - людей всех возрастов и старше 65 лет. Интересно отметить, что большее влияние загрязнение воздуха оказывает на пожилых людей, особенно в случае респираторных смертей.

Согласно данным ВОЗ, в 2010 г. на долю загрязнения атмосферного воздуха, выраженного в зафиксированной годовой концентрации $PM_{2,5}$, пришлось 3,1млн. случаев смерти (13-е место среди причин смертности во всем мире).

Таким образом, негативное воздействие $PM_{2,5}$ и PM_{10} на здоровье человека доказано многими исследованиями. Результаты токсикологических исследований показывают, что взвешенные частицы в воздухе индуцируют несколько типов неблагоприятных клеточных изменений, например, цитотоксичность, мутагенность, повреждения клеток ДНК и стимуляцию воспалительных цитокинов.

Таким образом, поскольку негативное воздействие загрязнения воздуха мелкодисперсной пылью на здоровье человека велико даже при относительно

малых концентрациях, для сведения рисков для здоровья к нулю необходимо создать эффективно действующую систему обеспечения качества воздуха.

Действие пыли на верхние дыхательные пути.

Верхние дыхательные пути играют значительную роль в защите организма от воздействия пыли. Действие пыли на верхние дыхательные пути зависит от состава, формы, консистенции и растворимости пылевых частиц. Более крупные твердые пылинки с острыми шероховатыми краями легче внедряются в слизистую оболочку верхних дыхательных путей и сильнее травмируют ее, чем мягкие круглые пылинки с тупыми круглыми краями. При длительном воздействии пыли наблюдаются изменения, как во внешнем виде слизистой оболочки верхних дыхательных путей, так и в ее литологической структуре. Первоначальная реакция слизистой оболочки верхних дыхательных путей проявляется в виде раздражения или воспаления. При продолжительном воздействии пыли она сменяется сухостью слизистой оболочки, образованием мелких желтого цвета корочек и уменьшением ее толщины, т.е. атрофией различной степени выраженности. Иногда при воздействии токсичной пыли с самого начала развивается атрофический катар

Слизистая бронхов реагирует на воздействие пыли аналогично слизистой верхних дыхательных путей. Почему при работе в запыленном воздухе необходимо проводить лечебно-профилактические мероприятия, а также реализовывать мероприятия к понижению содержания пыли в воздухе.

При носовом дыхании почти половина находящейся в воздухе пыли задерживается слизистой оболочкой носа, что вызывает ее раздражение и может привести к катару дыхательных путей. Под влиянием длительного воздействия пыли различных видов снижается фильтрующая способность носовой полости, на других участках дыхательных путей развиваются хронические воспалительные процессы, в том числе силикоз легких, который нередко осложняется туберкулезом.

Пневмокониозы

Пневмокониоз - профессиональное заболевание, развивающееся при длительном вдыхании пыли и характеризующаяся разрастанием соединительной ткани в дыхательных путях.

Карбокониозы - заболевания от вдыхания углесодержащей пыли. Антракоз характеризуется относительно медленным развитием и часто сочетается с пылевым бронхитом. Изменения в легких возникают спустя 15 и более лет работы во вредных условиях. Это объясняется свойствами угольной пыли повышать активность фагоцитоза, что способствует гиперсекреции слизистых желез и усиленному выведению мокроты вместе с пылью. В плевре и перибронхиальной соединительной ткани, то есть там, где проходят лимфатические капилляры, видны внеклеточные отложения черных частиц угля. Такие же отложения наблюдаются и в тканях регионарных лимфатических узлов. При значительном антракозе легкое равномерно черное — картина, получившая название “черной чахотки”. Значительный антракоз сопровождается

разрастанием соединительной ткани в легких и дыхательной недостаточностью. Кроме того, за счет нарушения иммунного статуса организма он может служить фоном для развития туберкулеза.

Угольная пыль может вызвать пневмокониоз и пылевой бронхит. При воздействии пыли с содержанием свободной двуокиси кремния до 10% пневмокониотический процесс формируется примерно через 15-20 лет работы.

Действие пыли на кожу

Пыль может проникать либо непосредственно в кожу либо отверстия сальных и потовых желез. Проникшая в кожу пыль может вести себя, как индифферентное инородное тело, не вызывая со стороны кожи никакой реакции. В некоторых случаях проникновение в кожу пыли сопровождается воспалительными явлениями выражающимися в припухлости, красноте и болезненности кожи. При закупорке пылью сальных желез может возникнуть папулезная сыпь, а в случае присоединения вторичной инфекции пиодермия. Раздражающее действие на кожу оказывает главным образом пыль минерального происхождения (известь, цемент, сода, мышьяк, суперфосфат и др.).

Действие пыли на глаза

При работе в запыленной атмосфере возможно заболевание глаз, называемое конъюнктивитом. Частое повреждение роговицы глаза частицами пыли может привести к ее помутнению и образованию бельма. Особенно сильным раздражителем является каменно-угольный пек. Работа с ним на свету вызывает сильный конъюнктивит сопровождающийся отеком век. С целью профилактики неблагоприятного воздействия пыли на организм необходимо осуществлять комплекс противопылевых инженерно-технических мероприятий.

2.2. Профилактика заболеваний, вызванных действием пыли

Перед приемом на работу, связанную с возможным действием пыли, проводят предварительный медицинский осмотр. К такой работе не допускаются люди с заболеваниями верхних дыхательных путей и бронхов, органическими заболеваниями сердечно-сосудистой системы и др. Периодические медицинские осмотры начинают проводить через 2...3 года после начала воздействия пыли, в дальнейшем — раз в 1...2 года в зависимости от потенциальной опасности производства.

Для уменьшения времени контакта работающих с пылью законодательством установлены возрастные цензы и сокращенная продолжительность рабочего времени. Для обеспечения благоприятных условий труда важно соблюдать требования ГОСТ 12.1.005, регламентирующего ПДК наиболее распространенных и опасных видов пылей.

С целью уменьшения образования и распространения пыли проводят следующие основные мероприятия: заменяют технологические процессы, связанные с выделением пыли, на экологически чистые; повышают влажность обрабатываемого продукта; внедряют автоматическое и дистанционное управление оборудованием; герметизируют источники выделения пыли;

устанавливают системы вентиляции и кондиционирования производственных помещений, а также улавливающее пыль оборудование; применяют закрытые способы транспортировки пылящих материалов.

Если, несмотря на проводимые мероприятия, концентрация пыли не снижается до предельно допустимой, то работающих следует обеспечить необходимыми средствами индивидуальной защиты.

Биологические методы профилактики заболеваний, вызванных действием пыли, направлены на повышение резистентности организма и ускорение выведения из него пыли. Для повышения сопротивляемости негативному влиянию пыли проводят следующие мероприятия: ультрафиолетовое облучение работающих, которое тормозит развитие склеротических процессов в легких; щелочные ингаляции, замедляющие фиброзный процесс и способствующие санации слизистых оболочек верхних дыхательных путей; специальное питание (с добавлением метионина), назначение которого заключается в нормализации белкового обмена и повышении сопротивляемости организма патогенному действию пыли за счет активизации ферментных и гормональных систем.

2.3. Места выделения пыли в воздух производственных помещений

Одним из основных источников антропогенного воздействия ТЭС на окружающую среду являются выбросы золы, твердых частиц топлива, а также угольной пыли. Места локального выделения угольной пыли сосредоточены вокруг трактов топливоподачи и пылеприготовления, которые существенно влияют на окружающую обстановку вокруг ТЭС и внутри ее.

Степень воздействия угольной пыли на организм человека и окружающую среду определяется ее составом (механическим и химическим) и физическими характеристиками. Указанные показатели угольной пыли обусловлены параметрами применяемого на ТЭС угольного топлива и характеристиками оборудования составляющего тракт топливоподачи и пылеприготовления.

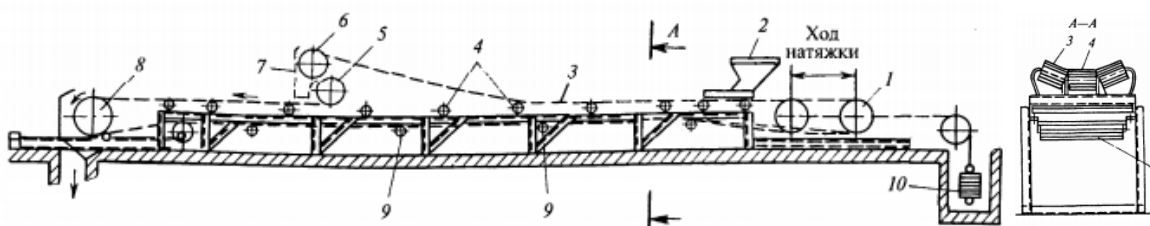


Рисунок. 2.1. – Ленточный питатель 1 — натяжной барабан; 2 — загрузочная воронка; 3 — лента; 4, 9 — опорные ролики; 5,6 — барабаны сбрасывателя; 7 — лоток; 8 — приводной барабан; 10 — груз для натяжения ленты

К наиболее распространенным источникам пылевыведения топливо-транспортных цехов ТЭС относят: вагоноопрокидыватель с приемными бункерами, дробление угля дробильно-фрезерными машинами, молотковые дробилки, телескопические течи выгрузки угля на складах топлива, наталкивание угля бульдозерами в загрузочные бункеры на складе топлива, ленточные конвейера и узлы перегрузки угля с одних ленточных конвейеров на

другие, места где производится отбор и подготовка проб угля для контроля качества, тракт топливоподачи в пределах главного корпуса, в местах где установлены электромагнитные сепараторы, где производится загрузка бункеров сырого угля с помощью стационарных плужковых сбрасывателей. Для обслуживания этих мест создаются временные и постоянные рабочие места, рабочие зоны обслуживания, при этом необходимо учитывать, что рабочие зоны, в которых происходит транспортировка и перегрузка сыпучих материалов, размещаются не только внутри помещений, но и за их пределами.

Выше выявлены и проанализированы основные этапы процесса загрязнения воздушной среды рабочих мест и зон обслуживания угольной пылью, при последовательном прохождении которых часть угля трансформируется в загрязняющее вещество пыль. Выделены основные физические объекты, вступающие во взаимодействие с пылевыми частицами на этапах их образования, выделения (внутреннего и внешнего) соответственно в воздух рабочей зоны и приземного слоя атмосферы, а также распространения (внутреннего и внешнего) соответственно в воздухе рабочей зоны и приземного слоя атмосферы.

Однако, ленточные конвейера и узлы перегрузки угля, как источники пылевыделения, имеют ряд технологических особенностей, которые обуславливают недостаточную эффективность и низкую экономичность применения известных способов и средств борьбы с пылью. К таким особенностям относятся: их протяженность, динамичность, периодичность работы, размещение на открытых площадках, либо в ограниченных пространствах наземных и подземных галерей. Поэтому, применение аспирационных систем для обеспыливания воздуха в таких условиях не представляется возможным для достижения норм ПДК.

Наиболее эффективными средствами борьбы с угольной пылью является применение пены для ее подавления. В качестве водных растворов ПАВ могут применяться различные композиции солей гуминовых и карбоновых кислот, сульфаты и сульфонаты различных классов и гомологических рядов, оксиэтилированные спирты, амины, амиды и др.

Запыленность воздуха рабочей зоны производственных помещений в соответствии с ГОСТом 12.1.005—76 не должна превышать следующих предельно допустимых концентраций (ПДК): кремнеземсодержащая пыль — SiO_2 кристаллический (кварц, кристобалит, тридимит) при содержании пыли в воздухе более 70% (кварцит, диас и др.) — 1 мг/м^3 , при 10—70% (гранит, шамот, слюда-сырец и др.) — 2 мг/м^3 , при 2—10% (горючие кукуерситные сланцы, медно-сульфидные руды, углепородные и угольные пыли, глина и др.) — 4 мг/м^3 ; свинец и его неорганические соединения — $0,01 \text{ мг/м}^3$.

За рубежом ПДК пыли в воздухе устанавливаются как по общей массе частиц в единице объема в миллиграммах на кубический метр, так и по массе тонкодисперсной пыли с размером частиц менее 5 мкм в единице объема в миллиграммах на кубический метр и по количеству пылинок тонкодисперсных

фракций в единице объема в штуках на миллилитр. ПДК на пыль без кварца, кварцосодержащую и кварцевую существенно различаются. Так, в Финляндии ПДК на кварцосодержащую пыль—10 мг/м³, на кварцевую — 0,2 мг/м³, во Франции на тонкодисперсную пыль — 400 шт/мл [25].

По результатам исследований содержание свободного диоксида кремния в рудничной пыли предприятий Казахстана не превышает 70% (ПДК — 2 мг/м³).

По степени воздействия на организм человека пыль и другие вредные вещества подразделяются на четыре класса: I — чрезвычайно опасные (ПДК менее 0,1 мг/м³); II — высокоопасные (0,1 — 1 мг/м³); III — умеренно опасные (1—10 мг/м³) и IV—малоопасные (более 10 мг/м³).

При одновременном содержании в воздухе нескольких вредных веществ однонаправленного действия (близких по химическому строению и характеру биологического воздействия на организм человека) должно выдерживаться следующее соотношение (2.1.):

$$C_1 / ПДК_1 + C_2 / ПДК_2 + \dots + C_n / ПДК_n \leq 1, \quad (2.1.)$$

где C_1, C_2, C_n — фактические концентрации в воздухе рабочей зоны каждого из веществ, обладающих однонаправленным действием (эффектом суммации), мг/м³; ПДК₁ ПДК₂, ..., ПДК_n — предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

2.4. Определение концентрации пыли в воздухе производственных помещений

С целью предупреждения заболеваний, вызванных действием пыли, следует соблюдать установленные ГОСТ 12.1.005 предельно допустимые концентрации различных видов пыли в воздухе рабочей зоны. Ниже приведены значения ПДК пыли от некоторых материалов.

Таблица 2.1.

Наименование	ПДК, мг/м ³
Пыль, образуемая при работе с:	
асбестом, алюминием и его сплавами (в пересчете на А1)	2
известняком, глиной, карбидом кремния (карборундом), цементом, оксидом цинка,	6
чугуном	6
Угольные пыли	4
Пыль растительного и животного происхождения с примесью SiO ₂ :	
менее 2% (мучная, древесная и др.)	6
от 2 до 10%	4
более 10% (лубяная, льняная, хлопковая, шерстяная)	2

Пыль от стеклянного и минерального волокон	2
Пыль табака, чая	3

Для обоснования необходимости проведения мероприятий по созданию здоровых и безопасных условий труда и выбора их оптимального варианта на каждом рабочем месте, где образуется пыль, следует периодически контролировать ее концентрацию.

Фактическое содержание пыли в воздухе производственных помещений определяют в основном массовым методом, основанным на протягивании определенного количества воздуха рабочей зоны через специальный фильтр из перхлорвиниловой ткани (фильтры АФА и ФПП из ткани). Разница в массе фильтра до и после протягивания, деленная на объем прошедшего через него воздуха, соответствует фактической концентрации пыли в воздухе рабочей зоны.

При проведении погрузочных и перегрузочных работ и при транспортировке угля для достижения предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны, применяют один или несколько способов борьбы с пылью [26]:

- увлажнение склада топлива;
- взрывозащитное орошение;
- пневмогидроорошение;
- орошение в зоне выгрузки и разрушения угля;
- установка обеспыливающих завес.

пылеотсос с помощью встроенных и (или) автономных пылеулавливающих установок на:

- на пунктах погрузки и перегрузки угля на конвейерах;
- у вагоноопрокидывателей и стационарных погрузочных пунктов;
- аспирационные укрытия технологического оборудования;
- орошение мест погрузки и перегруза угля;
- применение пены средней кратности;
- исключение свободного падения угля с большой высоты;
- очистка холостой ветви конвейера от угля.
- установка водяных завес, обеспыливающих воздух;
- оросительные форсунки с автоматическим включением и выключением жидкости;
- на конвейерах с исходящей струей воздуха на расстоянии не более 50 м устанавливают обеспыливающие завесы.

Порядок установки обеспыливающих туманообразующих завес:

- на конвейерах с исходящей вентиляционной струей устанавливают одну или несколько туманообразующих завес. Расстояние между туманообразующими завесами при скорости воздуха на конвейерах менее 1 м/с должно быть не более 80 м, от 1 м/с до 2 м/с – не более 60 м, от 2 м/с до 3 м/с – не более 35 м, более 3 м/с – не более 25 м;

- количество туманообразователей в каждой туманообразующей завесе должно обеспечивать орошение по всему сечению галереи на конвейере в месте установки туманообразующей завесы;

- факелы туманообразователей в первой туманообразующей завесе при скорости воздуха в галереи на конвейере более 2 м/с направляют навстречу движению вентиляционной струи, при скорости воздуха в галереи на конвейере 2 м/с и менее – по направлению движения вентиляционной струи. Факелы туманообразователей последующих туманообразующих завес направляют по направлению движения вентиляционной струи.

Порядок установки обеспыливающих лабиринтных завес:

- в одной лабиринтной завесе устанавливают не менее четырех перегородок, перегородки устанавливают в шахматном порядке на расстоянии не более 1,0 м друг от друга;

- факелы форсунок должны обеспечивать орошение всей площади перегородки.

Порядок установки обеспыливающих водяных или водовоздушных завес:

количество форсунок в каждой водяной или водовоздушной завесе должно обеспечивать орошение по всему сечению галереи на конвейере в месте установки завесы.

СХЕМЫ УСТАНОВКИ ОБЕСПЫЛИВАЮЩИХ ЗАВЕС

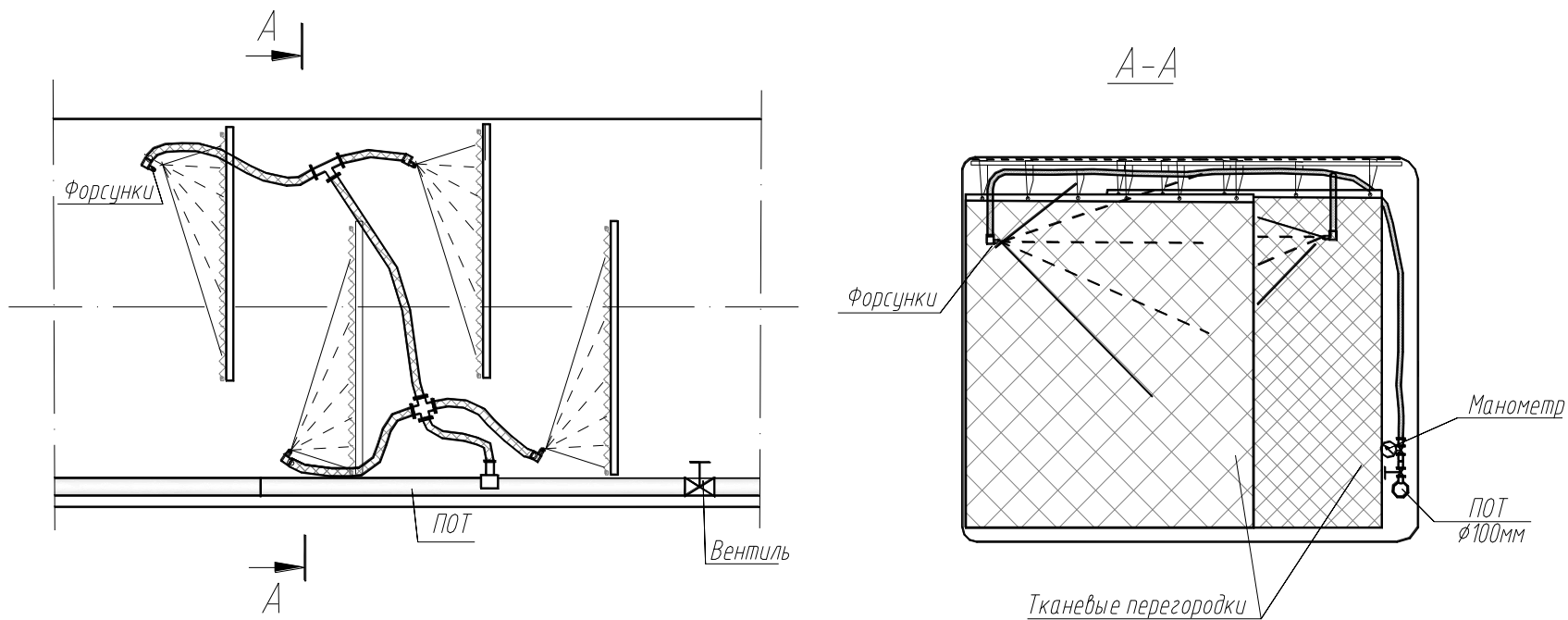


Рис. 2.2. Схема установки лабиринтной завесы

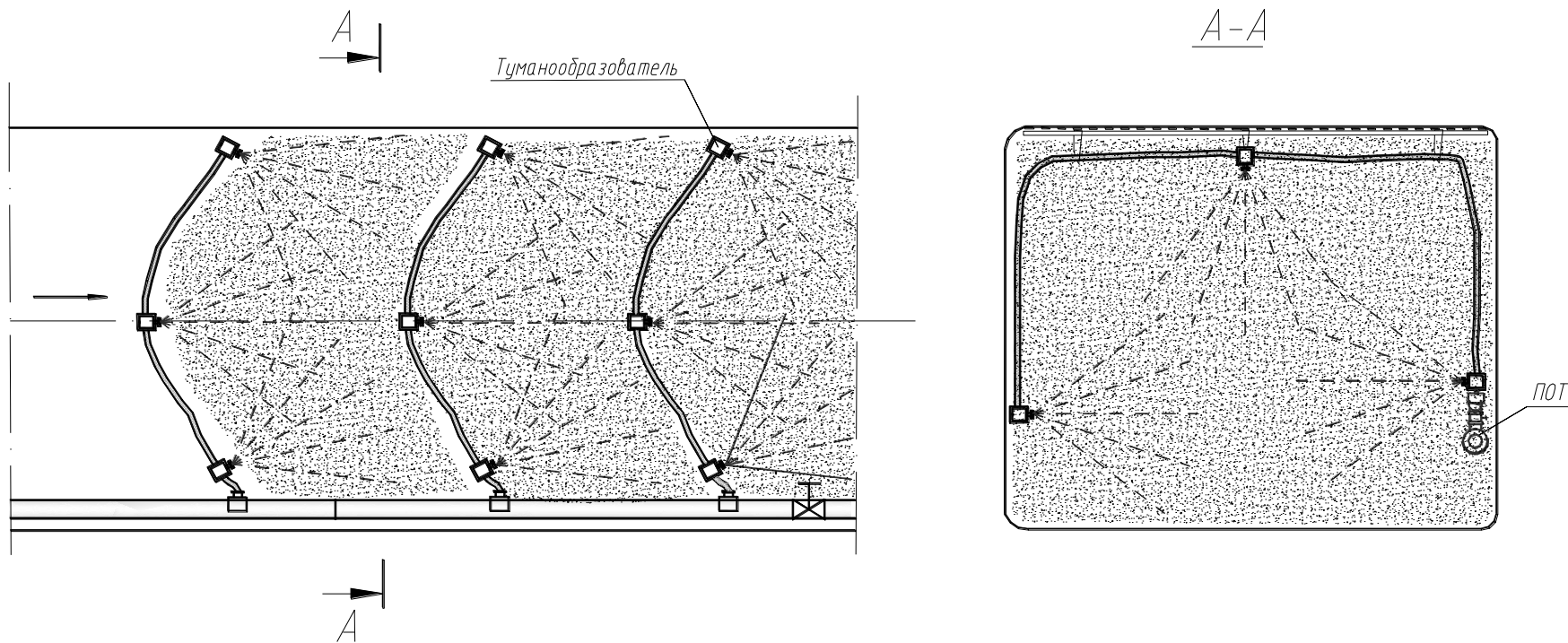


Рис. 2.3. Схема установки туманообразующих завес

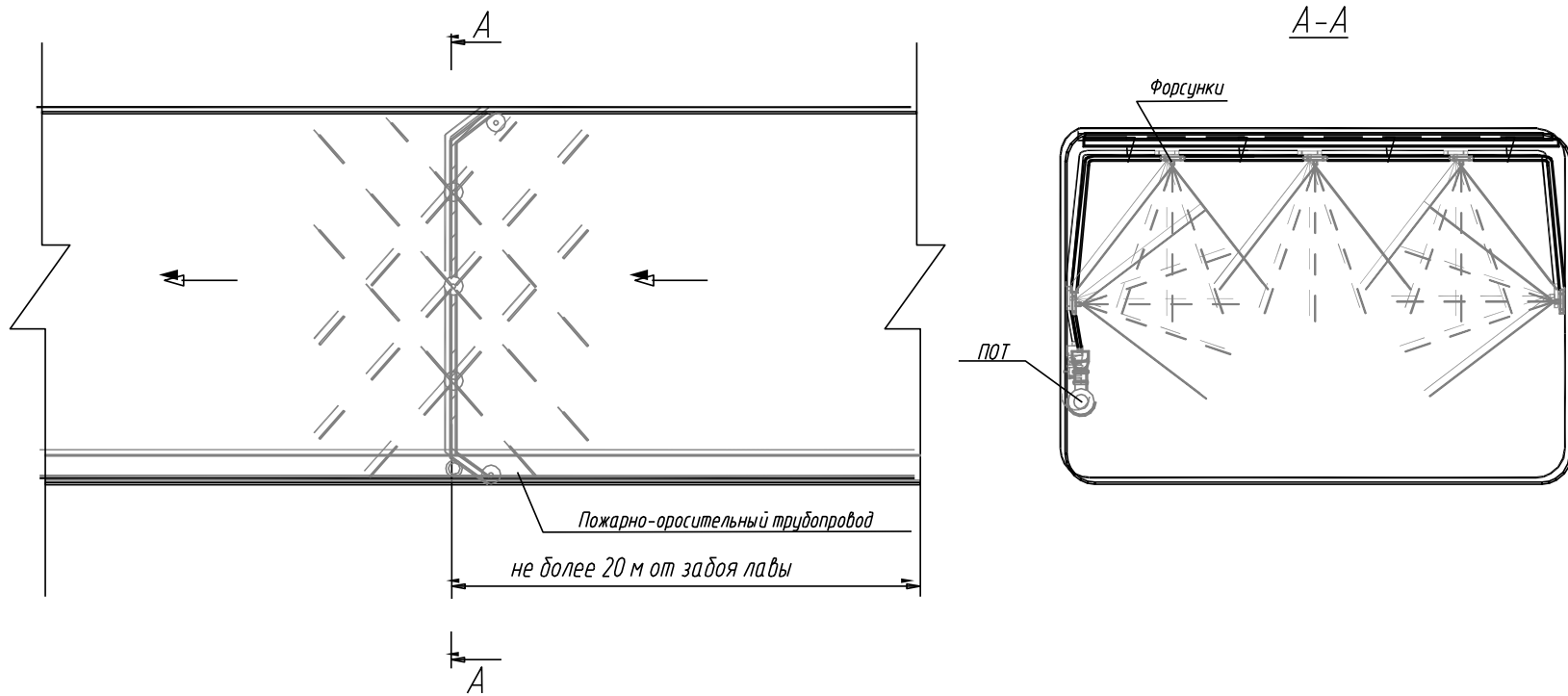


Рис. 2.4. Схема установки водяной завесы

2.5. Пути решения предупреждения пылеобразования, пылеподавления и пылеулавливания

При транспортировке и хранении угля в производственно-перегрузочных комплексах основными источниками интенсивного пылевыведения являются следующие зоны:

- места разгрузки и транспортирования угля;
- галереи конвейеров;
- узлы пересыпки;
- открытые склады угля;
- дробильно-сортировочные комплексы;
- места погрузки угля на склад.

Традиционно, в проектной документации предусматриваются следующие мероприятия для уменьшения запыленности воздуха в рабочей зоне: установка противопылевого защитного экрана, максимальная герметизация технологического оборудования, установка систем улавливания угольной пыли.

Как было сказано выше, борьба с угольной пылью в атмосфере предприятия осуществляется методом гидравлического орошения. Помимо основных и очевидных преимуществ, которыми обладает эта система, существуют и ряд недостатков, которые не позволяют сделать этот метод универсальным: распад на капли происходит под действием силы нагнетания и создаваемый при этом распыл имеет довольно грубый и неоднородный состав, затруднено регулирование расхода при заданном качестве дробления. Для достижения требуемых результатов необходимо создавать большее давление, которое влечет за собой увеличение расхода агента [27]. Естественно, увеличение расхода воды сказывается, в первую очередь, на санитарно-гигиенических условиях работы персонала, во вторую - на качестве продукта.

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать вывод, тезис которого состоит в том, что назревает необходимость применения нового, более рационального способа обеспыливания атмосферы на складах угля и топливоподаче ТЭС, который будет наиболее экономичным для конкретных условий производства и требований к качеству готового продукта. Угольная пыль гидрофобна и может часами оставаться на поверхности воды плавающая без смачивания. И эту гидрофобную природу угольной пыли невозможно изменить воздействием еще большего количества воды. Поэтому в настоящее время для повышения эффективности улавливания и связывания угольной и породной пыли на предприятиях горной, цементной и топливно-энергетической промышленности в системах принудительного пылеподавления применяют водные растворы агентов, улучшающих смачивание угольной пыли. Например, при концентрациях смачивателя от 0,1 до 0,15% в воде достигается осаждение 72-92% частиц угольной пыли для широкого спектра марок угля. Эти химические реагенты (ПАВы) уменьшают

поверхностное натяжение воды и способствуют увлажнению пыльных частиц.

Для лучшего понимания термина «поверхностное натяжение» достаточно представить каплю, лежащую на плоской гладкой поверхности. Капля представляет собой пузырь с четкими стенками. Именно поверхностное натяжение воды препятствует деформации стенок пузыря и его превращению в водяную пленку, когда он лопнет. Когда капля воды смешивается с ПАВ, то она уже не образует пузырь, так как ее поверхностное натяжение значительно снижается. И стенки пузыря уже не смогут выдержать вес капли. Таким образом, у капли больше нет прочного барьера (стенок), который бы препятствовал контакту с частицей пыли, они соприкасаются, и происходит увлажнение пыльных частиц сыпучего материала. Адгезия и смачивание - это две стороны одного и того же явления, возникающего при контакте жидкости с твердой поверхностью. Процесс обеспыливания воздуха рабочих зон, в производственном помещении и вне его, включает локализацию и удаление пылевого аэрозоля непосредственно у источников пылевыделения - пылеулавливание, выделение пылевых частиц из воздушного потока - пылеочистку.

Открытые места хранения угля:

Выше было сказано, что с целью уменьшения скорости потока воздуха и предотвращения разноса ветром угольной пыли с территории склада топлива предусматривается установка противопылевого защитного экрана.

В настоящее время для пылеподавления на участках ленточных транспортёров топливно-транспортных цехов ТЭС разработаны и широко применяются различные методы, из которых наибольшей эффективностью обладает гидродинамический метод, который может быть реализован следующими способами:

- предварительным безнапорным увлажнением;
- низконапорным орошением;
- высоконапорным орошением;
- пневмогидроорошением.

Реализация упомянутых способов гидрообеспыливания в большинстве случаев практического применения приводит к значительному переувлажнению угля, это недопустимо в соответствии с технологическими регламентами, что допускает минимальный расход воды на одну тонну угля. Именно поэтому для обеспыливания воздушной среды при эксплуатации ленточных транспортёров необходимо использовать такие способы гидрообеспыливания, которые характеризуются ограниченным расходом воды. К числу способов реализации гидродинамического метода, характеризующихся наименьшим расходом воды относят пенный способ борьбы с пылью, при котором достигается наибольшая степень диспергирования.

Из перечисленных способов минимальным расходом воды характеризуется пенный способ борьбы с пылью, обеспечивающий при незначительных расходах воды большую поверхность межфазного

взаимодействия воды и пылевых частиц. Увеличение этой поверхности, а также времени взаимодействия пены с пылевыми частицами позволяет существенно повысить эффективность обеспыливания при значительном снижении расхода орошающей воды на одну тонну угля, что бесспорно является, одним из основных преимуществ пенного способа обеспыливания, к числу которых также относится возможность его применения в условиях отрицательных температур воздуха, а также ряд преимуществ пенного способа:

- незначительный расход воды, в 1,5 - 5 раз меньший, чем при орошении;
- незначительное повышение влажности воздушной среды и угля (пылящей поверхности);
- высокая эффективность пылеподавления, особенно мелкодисперсных фракций пыли, наиболее пневмокониозоопасных.

Борьба с пылью на ТЭС включает предупреждение пылеобразования, пылеподавление и пылеулавливание. При невозможности полного исключения пылеобразования наряду с пылеулавливанием на ТЭС при различных технологических процессах широко используется пылеподавление пыли в атмосфере (коагуляция) и ее осаждение непосредственно в местах пылеобразования, а также обеспыливающая (искусственная) вентиляция - разжижение и удаление пылевого облака из атмосферы.

При недостаточной защите рабочей зоны от запыленности пылеуловителями или невозможности их использования, защиту необходимо проводить с помощью пылеудаления. Это может быть естественная или искусственная вентиляция, причем искусственная может быть как общая – на все помещения, так и местная – непосредственно в месте образования пыли.

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

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

Как средство борьбы с пылью наиболее востребованы местные вытяжные вентиляционные системы, поскольку они предназначены не допускать попадание пыли в помещение, удаляя ее непосредственно от источника пылеобразования (рис. 2.5.).

Местные вентиляционные системы как средство защиты от пыли реализуются в виде вытяжных шкафов, вытяжных зонтов, отсосов у станков, укрытий и т.п.

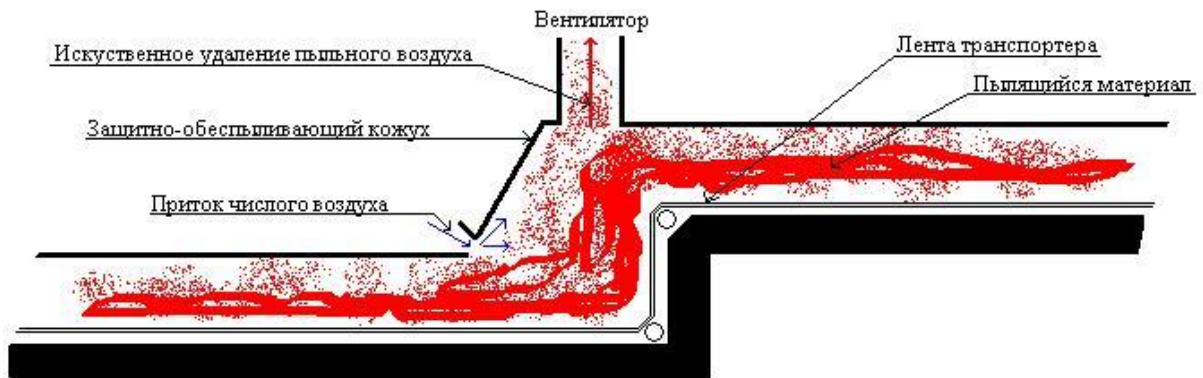


Рис. 2.5. Пункт перегрузки пылящих материалов с укрытием.

Расчет вентиляции проводится по необходимому объему удаляемого воздуха, обеспечивающего допустимое значение концентрации пыли в воздухе рабочей зоны.

2.6. Существующие методы сокращения вредных выбросов в атмосферу на ТЭС и воздушной среды рабочих мест и зон обслуживания от угольной пыли.

В качестве основы для классификации пылеулавливающих аппаратов воспользуемся схемой (рис. 2.6.), предложенной Ужовым и Вальдбергом в [28].

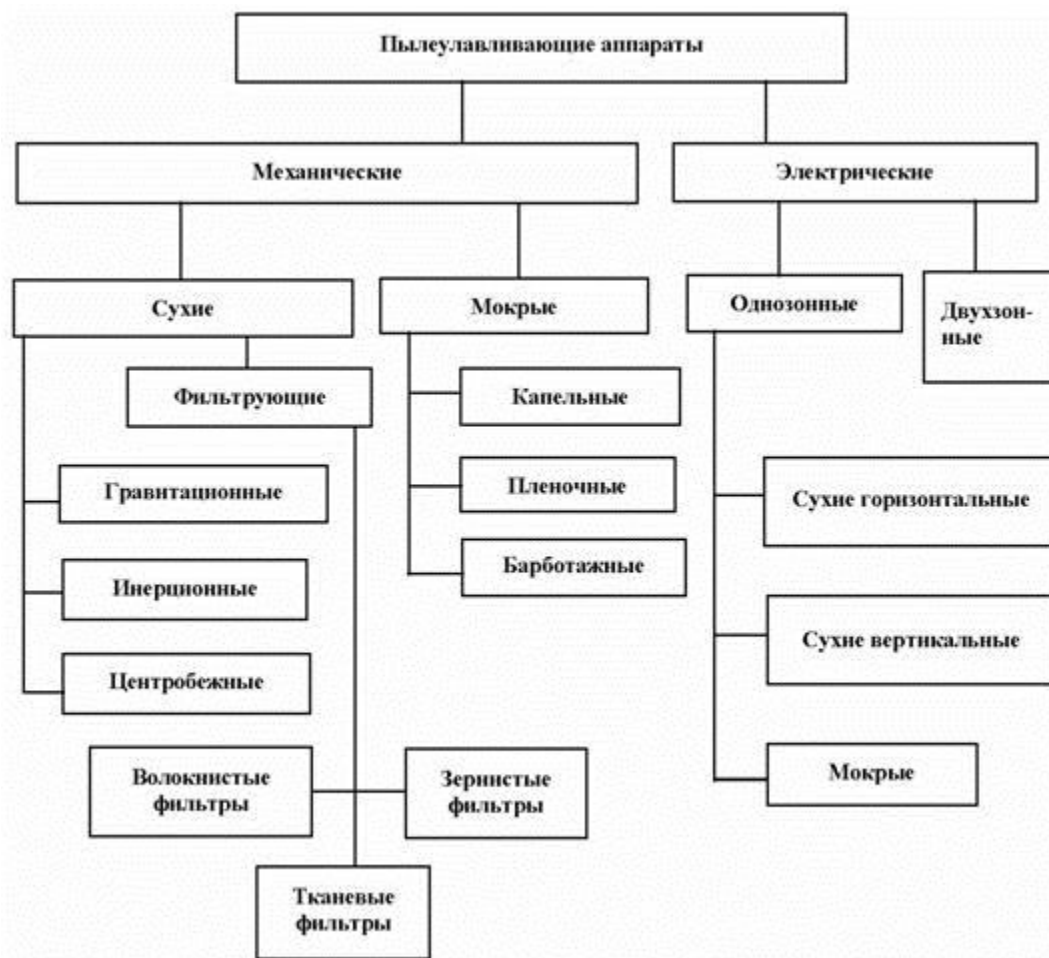


Рис. 2.6. Классификация промышленных пылеуловителей

Приведенная классификация пылеуловителей не претендует на абсолютность, т. к. существует значительное число аппаратов, работа которых основана на совмещении различных принципов осаждения. Так, например, волокнистый фильтр при улавливании туманов может быть отнесен к категории мокрых пылеуловителей. То же самое можно сказать и о мокром электроfiltре. Поэтому данную классификацию следует рассматривать как условную, но позволяющую достаточно наглядно охватить абсолютное большинство существующих пылеуловителей.

Существующие методы сокращения вредных веществ на ТЭС, ориентированы на очистку дымовых газов от твердых частиц золы и воздушной среды рабочих мест и зон обслуживания от угольной пыли.

На ТЭС применяются типы золоуловителей и пылеуловителей:

- аппараты сухой инерционной очистки газов (жалюзийные золоуловители, циклоны, прямоточные циклоны, батарейные циклоны);
- аппараты мокрой очистки газов;
- электрофильтры;
- рукавные фильтры.

Рукавные фильтры, в которых используются пористые среды для

очистки газов от твердых частиц (волокнистые, тканевые или рукавные, зернистые), раньше не находили широкого распространения из-за очень больших габаритов и повышенной сложности в эксплуатации. Но в последние годы, ввиду ужесточения экологической политики многих государств эти типы пылеуловителей применяются гораздо чаще, чем аппараты сухой инерционной очистки газов и аппараты мокрой очистки газов. Основная сложность заключается в накоплении золы и угольной пыли в фильтрующем материале, что требует его периодической регенерации. Основное достоинство таких фильтров заключается в очень высокой степени очистки газов от пыли или золы, превышающей 99,9%.

2.6.1. Аппараты сухой инерционной очистки.

Пылеосадительные камеры

Осаждение взвешенных в газовом потоке частиц в пылеосадительных камерах происходит под действием сил тяжести. Простейшими конструкциями аппаратов этого типа являются отстойные газоходы, снабжаемые иногда вертикальными перегородками для лучшего осаждения твердых частиц.

Для очистки горячих печных газов широко применяют многополочные пылеосадительные камеры. Эти камеры громоздки и мало эффективны; их используют преимущественно для предварительной грубой очистки газов и заменяют более совершенными газоочистительными аппаратами.

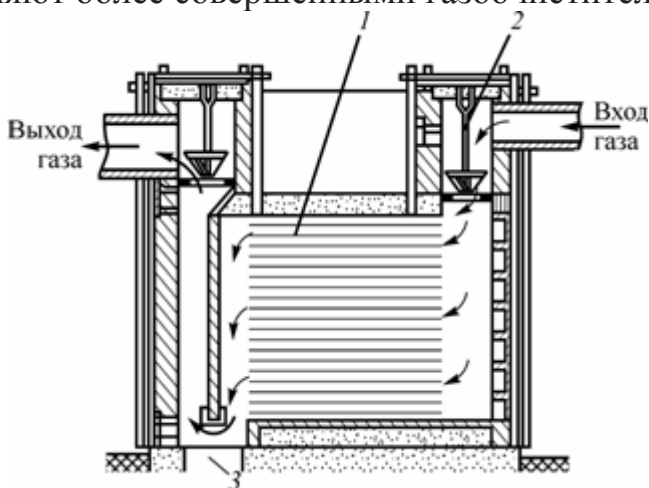


Рис. 2.7. Многополочная осадительная камера:

1 – полки; 2 – затвор; 3 – люк для удаления пыли

В камере с перегородками (рис. 2.7.), наряду с гравитационными силами, используют и инерционные, что увеличивает эффективность очистки.

Теоретическая скорость осаждения:

$$w = Re * \nu^2 / d, \quad (2.2.)$$

где:

Re – критерий Рейнольдса;

ν^2 - кинематическая вязкость газа;

d - диаметр частицы.

Общая высота пылеосадительной камеры:

$$H = n(h + h_1), \quad (2.3.)$$

где:

h – расстояние между полками;

h_1 – толщина одной полки;

n – число полок.

Время пребывания газа в камере:

$$t = L / w, \quad (2.4.)$$

где:

L – длина камеры;

w - скорость осаждения

Центробежные пылеосадители

В центробежных пылеосадителях (циклонах) осаждение взвешенных в газовом потоке частиц происходит в поле центробежных сил.

Поступающий на очистку газ подводится к центробежному пылеосадителю по трубопроводу, направленному по касательной к цилиндрической части аппарата. В результате газ вращается внутри циклона вокруг выхлопной трубы. Под действием центробежной силы, возникающей при вращательном движении газа, твердые частицы большей массой отбрасываются от центра периферии, осаждаются на стенке, а затем через коническую часть удаляются из аппарата. Очищенный газ через выхлопную трубу поступает в производство или выбрасывается в атмосферу.

С уменьшением радиуса циклона значительно увеличиваются центробежная сила и скорость осаждения частиц. На основе этой зависимости созданы конструкции батарейных циклонов, более эффективных, чем обычные циклоны. Батарейные циклоны состоят из параллельно включенных элементов малого диаметра (150— 250 мм). Их применяют в широком диапазоне изменения температур очищаемого газа (до 400°С) при относительно небольшой концентрации взвешенных в нем твердых частиц. Батарейные циклоны имеют прямоугольный корпус и состоят из одной или нескольких секций.

Общие недостатки центробежных пылеосадителей — недостаточная очистка газа от тонкодисперсной пыли, высокое гидравлическое сопротивление, а следовательно, и большой расход энергии на очистку газа, быстрое истирание стенок пылью, а также чувствительность аппаратов к колебаниям нагрузки.

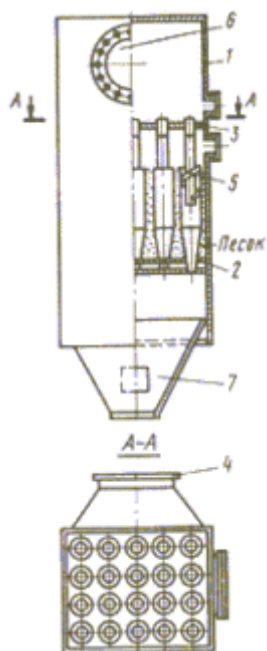


Рис. 2.8. Батарейный циклон

1 - корпус; 2,3 - решетки; 4 - патрубок для ввода запыленного газа; 5 - элементы; 6 – патрубок для вывода очищенного газа; 7 – конусное днище

Теоретическая скорость осаждения:

$$w = d^2 (r_1 - r_2) w_r^2 / 9 \nu r_2 D, \quad (2.5.)$$

где:

d – диаметр частицы;

r_1 - плотность улавливаемых частиц;

r_2 - плотность газовой среды;

w_r – окружная скорость газа в циклон;

D – диаметр циклона.

Высота цилиндрической части циклона:

$$h = 2V_{\text{сек}} / (D - D_1) w_r, \quad (2.6.)$$

где:

$V_{\text{сек}}$ – объем газа, поступающего в циклон в секунду;

D_1 – наружный диаметр выхлопной трубы.

В качестве инерционных (механических) золоуловителей и пылеуловителей наибольшее распространение получили циклоны, в которых осаждение твердых частиц происходит за счет центробежных сил при вращательном движении потока. Поступающий тангенциально через входной патрубок (Рис. 2.9.) газ движется в канале, образованном наружной и внутренней цилиндрическими поверхностями циклона, где под действием центробежных сил происходит отделение пыли. Затем очищенный газ удаляется через внутренний цилиндр вверх, а осевшая на наружной стенке зола или угольная пыль сыпается под действием силы тяжести вниз в коническую воронку и далее в общий бункер. Большее распространение на энергоисточниках РК получили золоуловители и пылеуловители типа ЦС-

ВТИ, МП-ВТИ. Основными достоинствами этих аппаратов являются сравнительно высокая и стабильная степень очистки газов от золы и угольной пыли составляющая 95-96%, относительно небольшие капитальные и эксплуатационные затраты.

Батарейные циклоны относятся к сухим механическим золоулавливающим аппаратам очистки газов, в которых эффект достигается в результате воздействия на твердые частицы сил инерции, возникающих при вращении газового потока в циклонных элементах. Батарея состоит из большого числа параллельно установленных циклонных элементов, имеющих диаметр 150 -300мм. Многочисленными опытами показано, что степень очистки газов в циклонах зависит от абсолютных размеров этих аппаратов, увеличиваясь с их уменьшением. Поэтому, чтобы обеспечить с этими аппаратами достаточно высокую степень отчистки газов на современных котлоагрегатах, приходится устанавливать большое количество параллельно работающих элементов малого диаметра. Батарейные циклоны, как правило, устанавливаются перед дымососами, когда помимо сокращения твердых вредных выбросов обеспечивается защита дымососов от абразивного износа летучей золой или перед электрофильтрами, если требуется повысить надежность отчистки газов. Из котлоагрегатов дымовые газы поступают по газоходам в камеру неочищенного газа и распределяются по входным патрубкам циклонных элементов. Входные патрубки выполнены таким образом, что газы, проходя через них, направляются в цилиндрическую часть элементов, тангенциально приобретая вращательное движение. Под воздействием центробежной силы частицы золы и угольной пыли выделяются из газового потока, приближаясь к стенкам конической или цилиндрической части элементов, и совместно с небольшим количеством газов поступают в золовой бункер. Основной поток очищенных газов, резко поворачивая в каждом элементе, входит в выхлопную трубу элемента и, продолжая в ней вращательное движение, поступает в камеру очищенного газа, а из нее по газоходу к дымососу. В батарейных циклонах степень отчистки газов не превышает 75%.

Наибольшее распространение на промышленных предприятиях получили инерционные пылеуловители «сухого» типа, поскольку они просты в изготовлении и эксплуатации, надежны, обладают небольшим гидравлическим сопротивлением, а также способны работать при повышенной температуре и большой начальной запыленности. Однако существующие конструкции инерционных аппаратов не всегда способны эффективно улавливать мелкодисперсную пыль [29, 30]

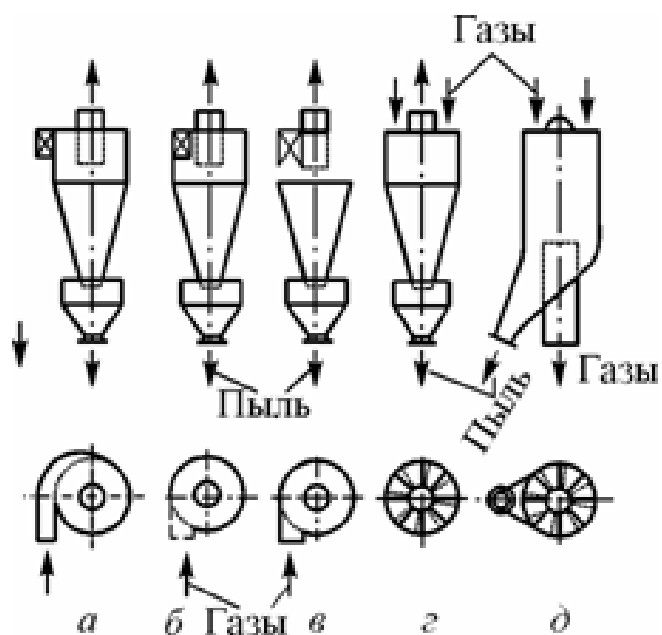


Рис. 2.9. Основные виды конструкций циклонов (по способу подвода газов): а) спиральный; б) тангенциальный; в) винтообразный; г) осевой розеточный циклон с возвратом газов; д) осевой розеточный прямоточный циклон.

Наиболее предпочтительным с точки зрения аэродинамики является подвод газов по спирали. Однако на практике все способы подвода газа могут использоваться в равной степени.

Схема работы циклона представлена на рис. 2.10. Направляемые на очистку газы поступают в цилиндрическую часть циклона и совершают движение сверху вниз по наружной спирали. Частицы пыли отбрасываются центробежной силой к стенке. Обычно в циклонах центробежное ускорение в несколько сотен, а то и в тысячу раз больше ускорения силы тяжести, поэтому даже весьма маленькие частицы пыли не в состоянии следовать за газом, а под влиянием центробежной силы движутся к стенке. Частицы движутся вдоль стенки по спирали вниз в пылевой бункер. Газовый поток по мере движения сверху вниз частично меняет свое направление, поступая в осевую зону циклона. Часть газового потока снизу поворачивает вверх, частицы пыли вследствие своей инерционности этого сделать не успевают и попадают в бункер. При этом возможен так называемый обратный вынос пыли, когда часть газа тоже попадает в бункер и оттуда выносит с собой мелкие частицы пыли.

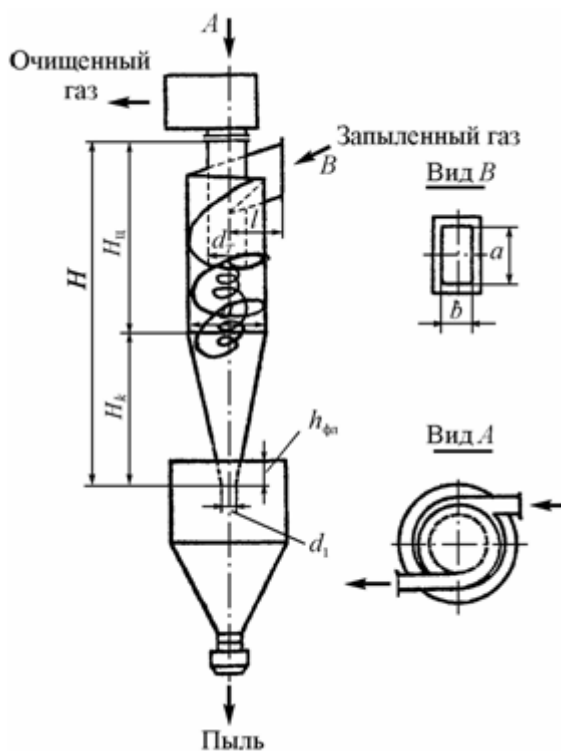


Рис. 2.10. Схема работы циклона

Поскольку на эффективность пылеочистки в циклоне силы тяжести влияют значительно меньше, чем центробежные силы, циклоны можно располагать в любом положении, даже горизонтальном. Однако для рациональной компоновки оборудования чаще их устанавливают вертикально.

Циклоны разделяют на цилиндрические и конические. В цилиндрических циклонах корпус выполнен с удлиненной цилиндрической частью, а в конических – с удлиненной конической частью. В нашей стране наиболее широкое распространение получили нормализованные цилиндрические и конические циклоны НИИОГАЗ [28, 31– 33].

К цилиндрическим (рис. 2.11.) относятся циклоны типа ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У и ЦН-24. Отличительными особенностями аппаратов этой группы являются:

- наличие удлиненной цилиндрической части;
- угол α наклона крышки и входного патрубка к горизонтали, равный соответственно 11, 15 и 24° (вошел в маркировку циклонов);
- одинаковое отношение диаметра выхлопной трубы d_t к диаметру циклона D , равное 0,59.

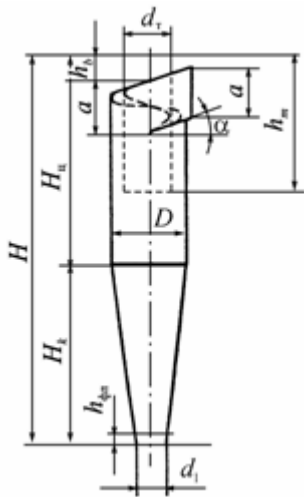


Рис. 2.11. Цилиндрический циклон НИИОГАЗ

Циклон ЦН-15У имеет уменьшенную высоту.

С увеличением угла наклона α входного патрубка к горизонтали уменьшается крутка газового потока, т. е. число витков при прохождении газа в цилиндрической части аппарата. Это уменьшает его общее гидравлическое сопротивление, но одновременно снижает и эффективность циклона, т. к. сокращает время пребывания в нем газа.

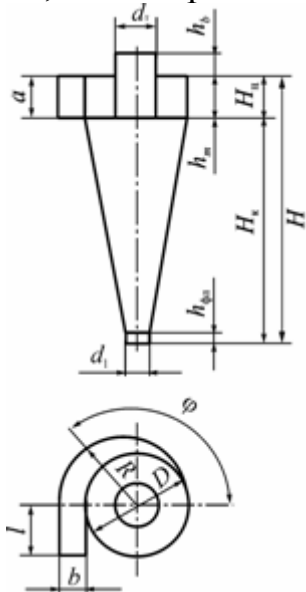


Рис. 2.12. Спирально-конический циклон НИИОГАЗ

К коническим (рис. 2.12.) относятся циклоны типа СДК-ЦН-33; СК-ЦН-34; СК-ЦН-22 (СК – спирально-конический). Они отличаются длиной конической частью, спиральным входным патрубком и малым отношением диаметров выхлопной трубы и корпуса циклона (соответственно 0,33; 0,34; 0,22 – эти цифры вошли в маркировку).

Диаметр цилиндрических циклонов обычно не превышает 2000 мм, конических – 3000 мм. В промышленной практике циклоны принято разделять на высокопроизводительные и высокоэффективные. Цилиндрические циклоны НИИОГАЗ относятся к высокопроизводительным,

а конические – к высокоэффективным. Циклоны ЦН имеют небольшое гидравлическое сопротивление, поэтому могут работать при больших расходах газа. Однако они хуже улавливают мелкие частицы пыли. У конических циклонов по мере сужения корпуса газовый поток закручивается более интенсивно, вследствие чего сепарация частиц пыли к стенке аппарата увеличивается. Конические циклоны отличаются более высокой эффективностью очистки, однако потери давления в них выше, поэтому осуществление процесса очистки в конических циклонах требует больших энергетических затрат.

Циклоны можно устанавливать как на всасывающей, так и на нагнетательной линии. Однако для того, чтобы продлить срок службы вентилятора (особенно на потоках с абразивными или липкими пылями), циклоны следует устанавливать на всасывающей линии перед вентилятором. В противном случае пыль попадает в вентилятор и вызывает его преждевременный износ и поломку.

Герметичность циклонов вместе с бункером – необходимое условие их нормальной работы: даже незначительные подсосы воздуха через бункер резко снижают эффективность очистки.

Следует уделять внимание тому, чтобы в циклоне не конденсировалась влага; температура газов в нем должна быть примерно на 10–25 °С выше температуры точки росы. Для этого применяют тепловую изоляцию циклона, иногда его стенки подогревают.

Ориентировочный расчет диаметра осаждающихся частиц и эффективности циклона. Несмотря на то, что циклоны эксплуатируются в системах пылеулавливания более 100 лет, надежной теории осаждения твердых частиц в центробежном поле до сих пор не разработано. Рассмотрим механизм осаждения на основе упрощенного анализа сил, действующих на частицу в закрученном газовом потоке (рис. 2.10.).

Если вследствие малости частицы принять, что она увлекается газовым потоком во вращательное движение с угловой скоростью ω , то основная действующая на нее сила инерции – центробежная – может быть выражена как

$$F_{ц} = m_{\text{ч}} \omega^2 r = \frac{\pi \delta_{\text{ч}}^3 \rho_{\text{ч}} \omega^2 r}{6} = \frac{\pi \delta_{\text{ч}}^3 \rho_{\text{ч}} v^2}{6r}, \quad (2.7.)$$

где v – линейная локальная скорость газового потока, м/с.

Дополнительная сила инерции обусловлена изменением относительной скорости частицы в газе при перестройке профиля его скоростей. Поток газа входит в циклон с начальной скоростью $v_{\text{н}}$ (скорость газа во входном патрубке циклона);

Прочие инерционные золоуловители и пылеуловители

Не так широко, как циклоны или батарейные циклоны применяются на ТЭС другие типы инерционных золоуловителей и пылеуловителей. Однако, в промышленной теплоэнергетике, металлургии, нефтегазовой промышленности, деревообрабатывающем производстве и некоторых других

семейство циклонных пылеуловители представлено достаточно разнообразно. К ним относят:

- жалюзийные пылеуловители;
- вихревые пылеуловители;
- отражательные инерционные пылеуловители;
- ротационные пылеуловители.

Кроме того, для улавливания частиц размером от 100 до 1000 мкм применяют также осадительные камеры.

Жалюзийные пылеуловители

Жалюзийные пылеуловители - это аппараты для очистки газов от пыли инерционного действия. Движущийся в газопроводе запыленный поток встречается с жалюзийной решеткой, состоящей из ряда наклонно установленных пластин, рис. 2.13.

Огибая пластины, струи газа резко меняют направление движения, проходят на другую сторону решетки и движутся в прежнем направлении. Частицы пыли, встречаясь с пластинами решетки, стремятся по инерции сохранить первоначальное направление движения, не огибают пластину, а ударяются о ее поверхность и отражаются в сторону, противоположную движению газов. Затем опять поворачивают по направлению газового потока, ударяются о следующую по ходу газов пластину и т.д. В результате газы, прошедшие через решетку, очищаются, а газы, оставшиеся по другую сторону решетки, обогащаются пылью. Эта часть газового потока (около 10% газов) направляется для окончательной очистки в другой пылеуловитель - циклон.

Жалюзийный пылеуловитель применяют для улавливания пыли размером >20 мкм.

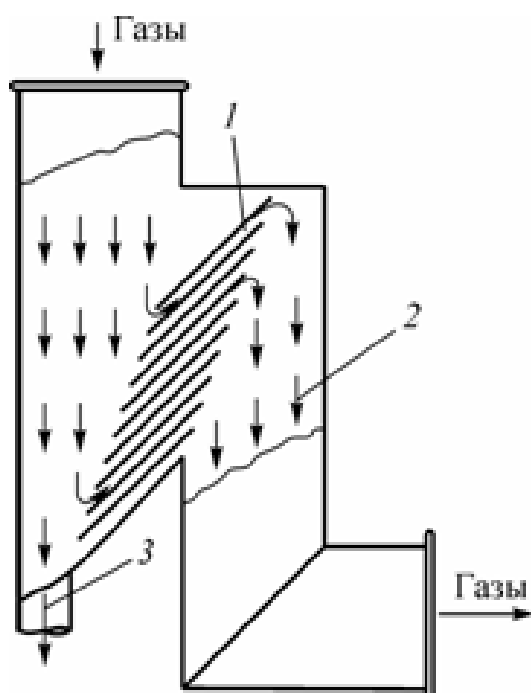


Рис. 2.13. Жалюзийный пылеуловитель с частичным отводом запыленного газового потока:

1 – жалюзийная решетка; 2 – очищенные газы (около 90 об.%); 3 – запыленные газы (около 10 об.%)

Чтобы достигнуть эффекта инерционного отделения пыли, скорость газа перед жалюзийной решеткой должна быть достаточно высокой (до 15 м/с). Обычно жалюзийные пылеуловители применяют для улавливания пыли с размерами частиц более 20 мкм. Основной их недостаток – износ пластин при высокой концентрации крупной пыли. Эти аппараты широко применяются для предварительной очистки газов перед циклонами или рукавными фильтрами.

Эффективность улавливания пыли в жалюзийном аппарате зависит от эффективности самой решетки и эффективности циклона, а также от доли отсасываемого в него газа. Если φ – относительная доля газа, отводимого с пылевым концентратом, то степень очистки газов в жалюзийном пылеуловителе

$$\eta = \eta_{\text{ц}} [1 - (1 - \varphi)(1 - \eta_{\text{р}})], \quad (2.8.)$$

где $\eta_{\text{ц}}$ – степень очистки в циклоне; $\eta_{\text{р}}$ – степень очистки в решетке; $\varphi = 0,1 - 0,2$.

Если запыленный газовый поток сталкивается с каким-либо телом, газ обтекает его, а частицы пыли, обладающие большей инерцией, ударяются о поверхность этого препятствия и могут осесть на ней.

Вихревые пылеуловители

Вихревые пылеуловители (ВПУ) – это аппараты центробежного

действия для очистки газов от пыли. Отличительная особенность ВПУ - высокая степень очистки газов от тончайших фракций (<3...5 мкм) пыли. Существует две основные разновидности ВПУ: сопловой (рис. 2.14., а) и лопаточный (рис. 2.14., б).

Процесс обеспыливания в ВПУ происходит следующим образом: запыленный газ поступает в камеру 5 через изогнутый патрубок 4. Для предварительного закручивания запыленного газа в камеру 5 встроен лопаточный завихритель типа розетки 2. Двигаясь вверх к выходному патрубку 6, газовый поток подвергается воздействию вытекающих из завихрителя 1 (наклонные сопла в ВПУ соплового типа, наклонные лопатки в ВПУ лопаточного типа) струй вторичного воздуха, которые придают потоку вращательное движение. Под действием центробежных сил, возникающих при закручивании потока, частицы пыли устремляются к периферии, откуда спиральными струями вторичного потока перемещаются вниз аппарата, в кольцевое межтрубное пространство. Безвозвратный спуск пыли в бункер обеспечивается подпорной шайбой 3. Вторичный воздух в ходе спирального обтекания потока очищаемого газа постепенно проникает в него.

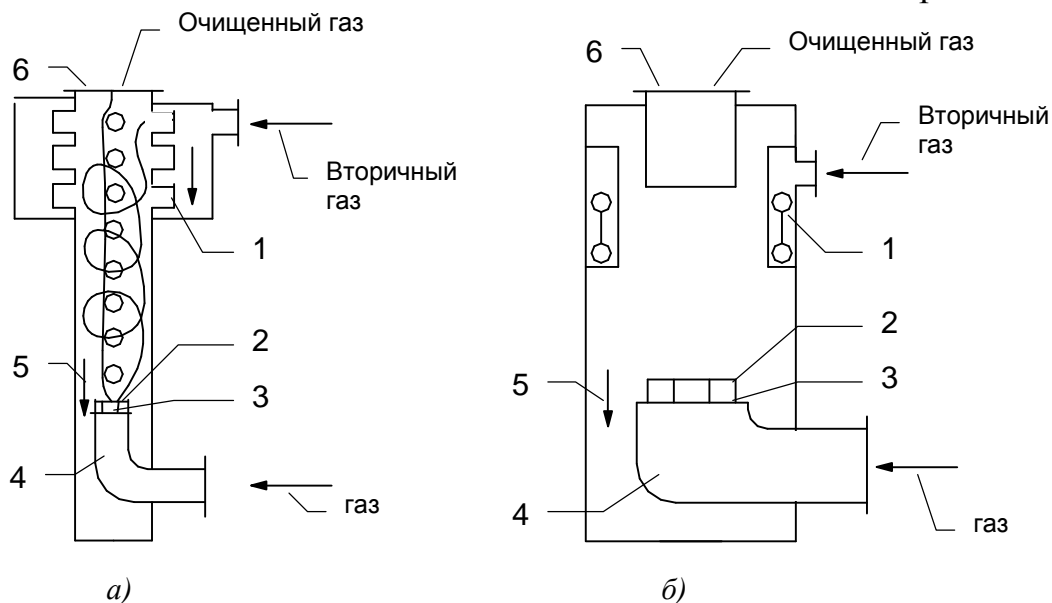


Рис. 2.14. Вихревые пылеуловители: сопловой (а) и лопаточный (б)

1 – завихритель лопаточного или соплового типа; 2 - завихритель типа розетки; 3 - подпорная шайба; 4 – входной патрубок; 5 - камера; 6 - выходной патрубок.

Отражательные инерционные пылеуловители

Отражательные инерционные пылеуловители - это аппараты для выделения пыли из газового потока, в которых происходит изменение направления газового потока. Сталкиваясь с каким-нибудь телом, обтекая его, частицы пыли или капли, обладающие большей инерцией, ударяются о поверхность тела и оседают на ней. Некоторые типы

отражательных пылеуловителей приведены на рис. 2.15.

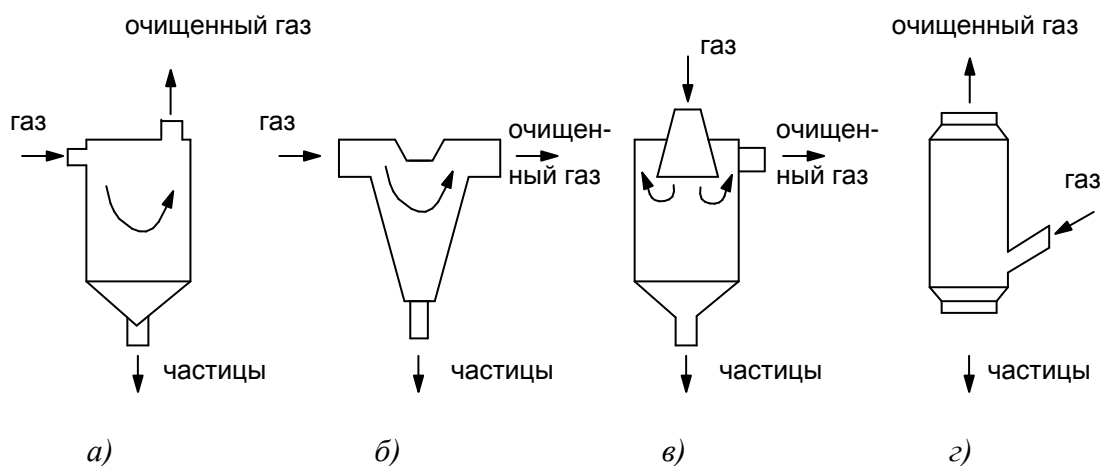


Рис. 2.15. Отражательные инерционные пылеуловители
а - с перегородкой; *б* - с плавным поворотом газового потока; *в* - с расширяющимся конусом; *г* - с боковым подводом газа;

Ротационные пылеуловители

Ротационные пылеуловители - это аппараты для очистки газов от пыли, центробежного действия, которые одновременно с перемещением газов очищают его от фракций пыли крупнее 5 мкм. Конструктивная схема простейшего пылеуловителя ротационного типа представлена на рис. 2.16.

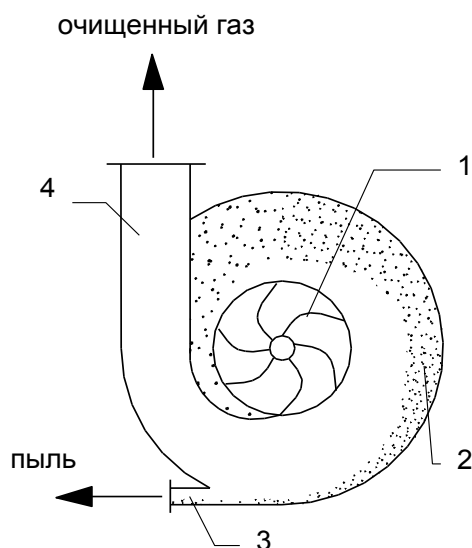


Рис. 2.16. Пылеуловитель ротационного типа:
 1 - вентиляторное колесо; 2 - кожух; 3 - пылеприемное отверстие; 4 - выхлопной патрубок

При работе вентиляторного колеса 1 частицы пыли за счет центробежных сил отбрасываются к стенке спиралеобразного кожуха 2 и двигаются по ней в направлении выходного отверстия 3. Газ, обогащенный пылью, через специальное пылеприемное отверстие 3 отводится в пылевой бункер, а очищенный газ поступает в пылевую трубу 4.

2.6.2. Мокрые золоуловители и пылеуловители

Одним из простых и достаточно эффективных способов очистки взвешенных частиц является мокрый способ очистки. Наиболее подходящим принципом для очистки дымовых газов электростанции от летучей золы является использование центробежного эффекта в чистом виде или в сочетании с инерционным осаждением взвешенных частиц на орошаемых решетках при обтекании их запыленным потоком. Эти золоуловители и пылеуловители отличаются надежностью и стабильностью работы при улавливании золы и угольной пыли широкого круга топлив, простотой изготовления и обслуживания, небольшими капитальными и эксплуатационными затратами.

Коагуляторы Вентури и центробежные скруббера

Простейшим типом мокрого золоуловителя и пылеуловителя является центробежный скруббер (рис.9, а). Главным отличием его от сухого инерционного золоуловителя и пылеуловителя является наличие на внутренней стенке стекающей пленки воды. Отсепарированная за счет центробежных сил зола и угольная пыль лучше отводится из скруббера в бункер, при этом уменьшается вторичный захват зольных и угольной пыли частиц со стенки газовым потоком. Характер зависимостей описывается такими же теоретическими формулами, как и для сухих инерционных золоуловителей и пылеуловителей.

Золоуловитель типа МП-ВТИ (мокропрутковый конструкции Всесоюзного теплотехнического института им. Ф. Э. Дзержинского) во входном патрубке 1 (рис. 2.17, а) имеет шахматный пучок горизонтальных прутков диаметром 20 мм. Прутковые решетки орошаются водой, распыляемой механическими форсунками, установленными по ходу очищаемых газов перед решетками. Улавливание золы и угольной пыли в аппарате МП-ВТИ проходит две ступени: на орошаемых решетках за счет осаждения частиц золы и на внутренней орошаемой поверхности скруббера. Эффективность золоулавливания составляет 88...90% распыляемой.

Недостатками золоуловителей МП-ВТИ кроме низкой эффективности золоулавливания являются следующие:

- возникновение отложений золы и угольной пыли в прутковых пучках, что приводит к увеличению аэродинамического сопротивления и снижению нагрузки котла;

- повышенный расход воды для обеспечения нормального функционирования золоуловителя и пылеуловителя.

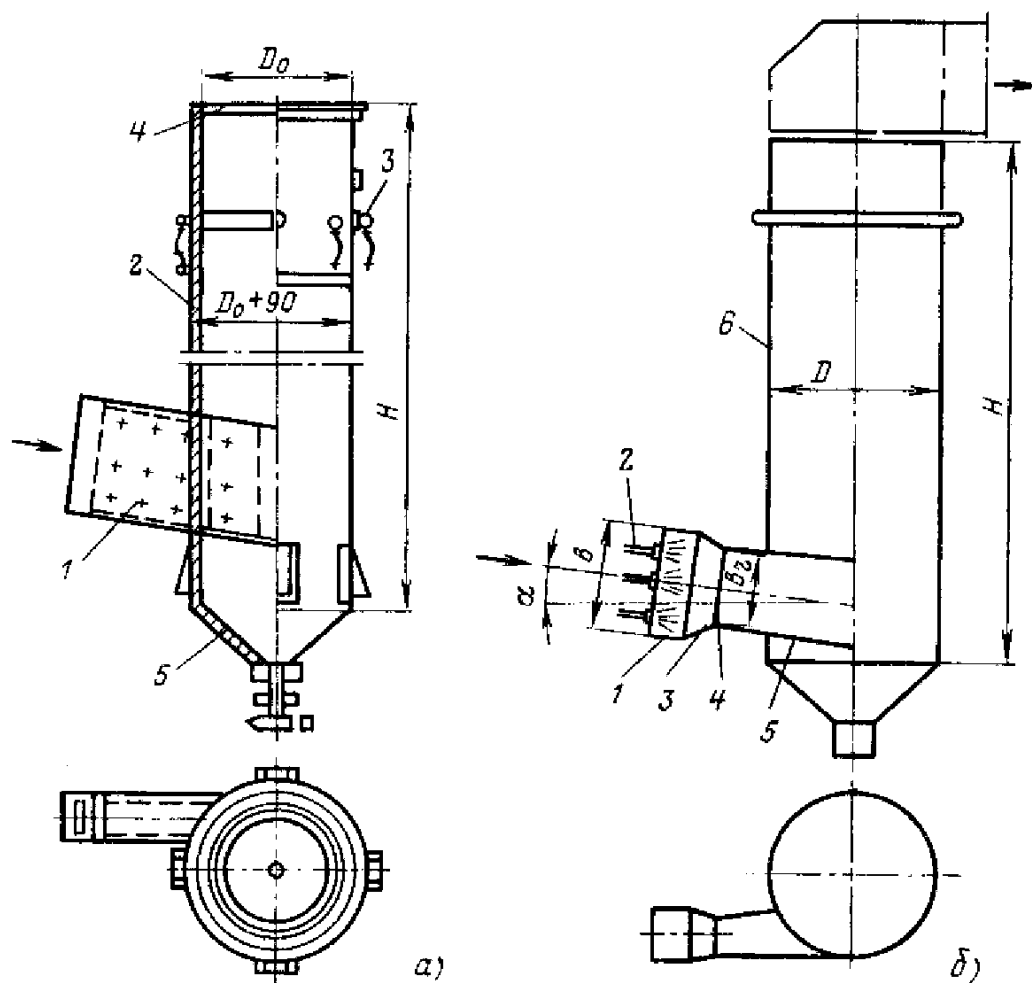


Рис. 2.17. а) 1 – входной патрубок с пучком горизонтальных прутков; 2 – центробежный скруббер; 3 – подвод воды; 4 – камера очищенных газов; 5 – гидрозатвор. б) 1 – входной патрубок; 2 - форсунки; 3 – конфузور; 4 – коагулятор; 5 – тангенциальный ввод; 6 – центробежный скруббер.

Уральским отделением Союзтехэнерго совместно с ВТИ разработаны и внедрены на многих электростанциях более эффективные мокрые золоуловители и пылеуловители с коагуляторами Вентури (рис. 2.17. а, б). Основными достоинствами этих аппаратов являются стабильная степень очистки газов от золы и угольной пыли, составляющая 94...96% при умеренном аэродинамическом сопротивлении (1100 - 1300 Па), относительно небольшие капитальные и эксплуатационные затраты, а также возможность работы на оборотной воде. Попытки осуществить питание аппаратов типа МП-ВТИ оборотной осветленной водой с золоотвала, чтобы избежать ее сброса в водоемы общего пользования, приводили к образованию в прутковых пучках трудноудаляемых минеральных отложений, серьезно нарушающих работу золоуловителя и пылеуловителя. При этом наблюдалось:

- падение степени очистки газов;

- возрастание аэродинамического сопротивления;
- появление интенсивного брызгоуноса.

Коагуляторы Вентури могут устанавливаться как вертикально, так и горизонтально с небольшим уклоном.

Принцип работы мокрого золоуловителя и/или пылеуловителя с коагулятором Вентури заключается в следующем, рис. 2.17. а, б. В конфузоре 3 коагулятора через форсунки подается орошающая вода, которая дополнительно диспергируется (распыляется) скоростным газовым потоком на мелкие капли. Летучая зола при прохождении с дымовыми газами через коагулятор частично осаждается на каплях и на его орошаемых стенках. Далее капли и неуловленные частицы золы поступают в корпус аппарата - центробежный скруббер, где дымовые газы освобождаются от капель и дополнительно очищаются от золы, после чего дымососом выбрасываются в атмосферу. Гидрозоловая пульпа сбрасывается через гидрозатвор в канал системы гидрозолоудаления (ГЗУ).

Шаровые пылеуловители.

Некоторый интерес представляют шаровые пылеуловители, обладающие рядом преимуществ по сравнению с распространенными типами механических газопромывателей со смоченными поверхностями. Аппараты шаровидной формы наименее металлоемки. В таких аппаратах обеспечивается хорошее распределение газа по рабочему сечению и уменьшенные потери давления газа; шаровидная форма позволяет удачно расположить основные рабочие элементы.

Газовый поток, содержащий мелкодисперсные твердые частицы, поступает через штуцер 1 в пылеуловитель и под действием отбойного щитка 2 меняет направление движения при одновременном снижении скорости. В результате наиболее крупные твердые частицы, содержащиеся в газовом потоке, опускаются и попадают в масло, которым заполнена нижняя часть пылеуловителя.

Частично очищенный таким образом газ равномерно распределяется по свободному сечению аппарата и поступает в проволочный лабиринт вращающегося на валу 3 ситчатого диска 4. Последний вращается электродвигателем 5 через редуктор 6. Сильно развитая и смоченная маслом поверхность диска 4 задерживает все содержащиеся в газе мелкодисперсные твердые частицы. Удаление твердых частиц с поверхности ситчатого диска, а также смачивание ее маслом происходят при вращении диска. Как видно из схемы, часть поверхности диска, проходя через ванну 7, увлекает своей пористой поверхностью масло. Верхняя часть диска орошается маслом из укрепленных по периметру диска ковшей 8, которые при вращении наполняются маслом в ванне 7. Пройдя диск 4, газ поступает в каплеуловитель 9. Равномерное распределение газа по сечению каплеуловителя обеспечивается отрегулированным отбойником 10.

В каплеуловителе из газа удаляются капельная влага и конденсат, поступившие в пылеуловитель из газопровода, а также капли масла, незначительное количество которых может образовываться при разрыве пузырей масла на выходной стороне диска 4. Осажденные в каплеуловителе 9 влага, конденсат и масло стекают в ванну 7, а очищенный газ через штуцер 11 выходит из пылеуловителя. Все твердые частицы, которые поступают в процессе очистки газа в полость ванны 7, попадают в нижнюю часть грязевика 14, откуда периодически отводятся через штуцер 13 вместе с грязным маслом. Уровень масла в ванне 7 поддерживается постоянным подводом чистого масла через штуцер 12.

Шаровой пылеуловитель состоит из сборных и взаимозаменяемых элементов, позволяющих в процессе его эксплуатации регулировать и заменять отдельные элементы.

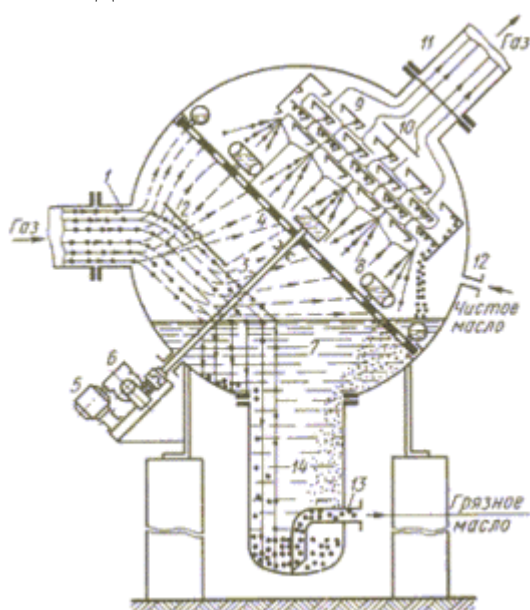


Рис. 2.18. Гидравлический шаровой пылеуловитель

1 – входной штуцер; 2 – отбойный щиток; 3 – вал; 4 – диск; 5 – электродвигатель; 6 – редуктор; 7 – ванна; 8 – ковши; 9 – каплеуловитель; 10 – отбойник; 11 – штуцер очищенного газа; 12 – штуцер подвода чистого масла; 13 – отводящий штуцер грязного масла; 14 – грязевик.

Секундный объем газа, проходящий через шаровой пылеуловитель:

$$V_{\text{сек}} = V_{\text{ст}}(t_r + 273) / 3600 * 293 \text{ р}, \quad (2.9.)$$

где:

$V_{\text{ст}}$ – стандартный объем газа, т.е. объем при $t_r = 20^\circ\text{C}$ и давлении $p = 1,03 \text{ кгс/см}^2$;

t_r – температура в $^\circ\text{C}$;

p – давление в кгс/см^2 .

Схема золоулавливающей установки – эмульгатора 2-го поколения Панарина

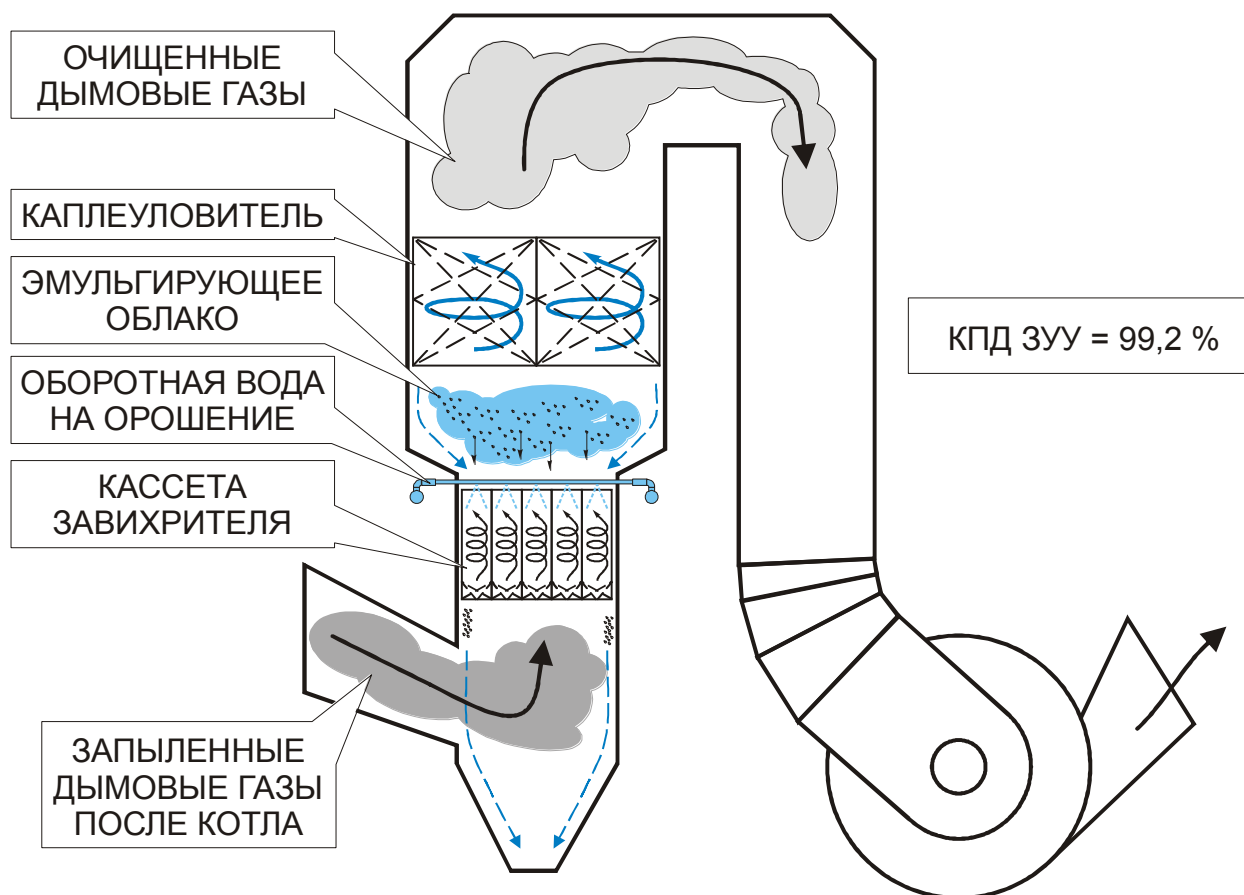


Рис. 2.19. Эмульгатор 2-го поколения Панарина

В последние 15 – 20 лет стали применяться новый тип мокрых золоуловителей – эмульгаторы 2-го поколения Панарина, со степенью эффективности $\eta = 99,2 - 99,5\%$. Принцип действия основан на проходе дымовых газов через слой эмульсии и осаждении в нем золовых частиц. В центре корпуса эмульгатора стоит кассета с большим количеством каналов, в виде решетки с установленными внутри завихрителями, в которые подается вода. Запыленные дымовые газы после котла через прямоугольные входные патрубки поступают в нижнюю часть корпусов и входят в завихритель, где происходит их интенсивная закрутка в лопатках ячеек, проходя через завихрители смешиваются с водой, в результате чего создается слой эмульсии над кассетой. Орошающая вода подается по трубам орошения в каждую ячейку. При взаимодействии воды с вращающимся газовым потоком, выходящим из лопаточных аппаратов, происходит образование пенного вращающегося слоя, который накапливается под лопатками. Вращение слоя способствует его турбулизации, повышая межфазную контактную поверхность и ее обновляемость. Золовые частицы вступая в контакт с эмульсией осаждаются вниз корпуса эмульгатора под действием сил гравитации, а очищенные дымовые газы поднимаются вверх, осушаются проходя через каплеуловитель и поступают в короб чистого воздуха, где

подогреваются горячим воздухом выше точки росы. Повышенное давление во вращающемся пенном слое за счет действия центробежных сил обуславливает устойчивое существование только мелких пузырей пены, что многократно увеличивает поверхность контакта фаз и интенсификацию процессов, теплообмена, чему также способствует противоточное движение «газ-жидкость». Замедление вращения пены (эмульсии) в пристенной зоне, а также в верхних слоях на выходе в свободный объем является причиной возникновения интенсивных радиальных вихрей, которое также способствуют интенсификации процессов теплообмена, а значит и глубокой очистке дымовых газов. Отработанная жидкость с уловленной золой (пульпа) сливается через лопаточные аппараты завихрители в золосмывные аппараты, через которые поступает в каналы ГЗУ. Дымовые газы после очистки в эмульсионном слое поступают в каплеуловитель, где, потеряв вращательную скорость, закручиваются для сепарации водяных капель на стенки. Для предотвращения коррозии газового тракта, осуществляется подогрев очищенных газов на выходе из корпусов, путем присадки к ним горячего воздуха. После подогрева, очищенные газы направляются через выходные газоходы на всас дымососов и далее в дымовую трубу.

Водяные и водовоздушные завесы

При применении орошения на ленточных конвейерах необходимо предусматривать автоматическое включение подачи воды.

Для обеспыливания вентиляционных потоков наибольшее применение нашли завесы: водяные, водовоздушные (пневмогидроорошение), туманообразующие, с водовоздушными эжекторами.

Принцип работы водовоздушного эжектора (рис. 2.20.) заключается в том, что за счет разряжения, создаваемого водяным факелом форсунки, отсасывается запыленный воздух, образующий с диспергированной водой шламовидную смесь, которая, в свою очередь, направляется на подавление пыли.

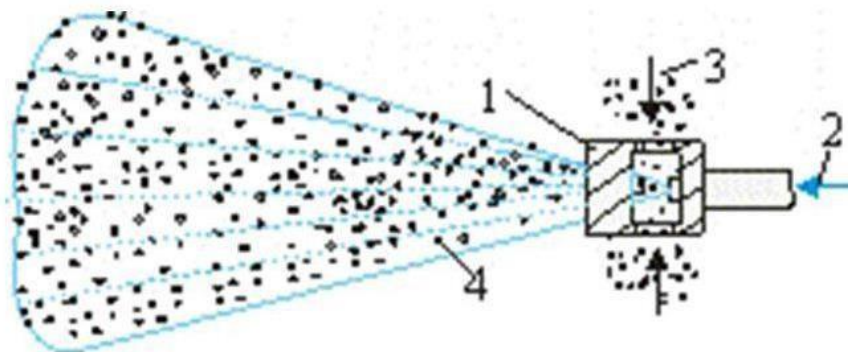


Рис. 2.20. Водовоздушный эжектор. 1 – форсунка; 2 – вода; 3 – запыленный воздух; 4 – шламовидная смесь.

2.6.3. Электрофильтры

Одним из хорошо зарекомендовавших себя и перспективным типом золоуловителей и пылеуловителей для крупных ТЭС являются электрофильтры, которые могут обеспечить высокую степень очистки газов при аэродинамическом сопротивлении не более 150 Па практически без снижения температуры и без увлажнения дымовых газов. В электрофильтрах запыленный газ движется в каналах, образованных осадительными электродами 1 (рис. 2.21.), между которыми расположены через определенное расстояние коронирующие электроды 2.

Сущность процесса электрической очистки газов заключается в следующем. Запыленный газ проходит через систему, состоящую из заземленных осадительных электродов 1 и размещенных на некотором расстоянии (называемом межэлектродным промежутком) коронирующих электродов 2, к которым подводится выпрямленный электрический ток высокого напряжения с отрицательным знаком.

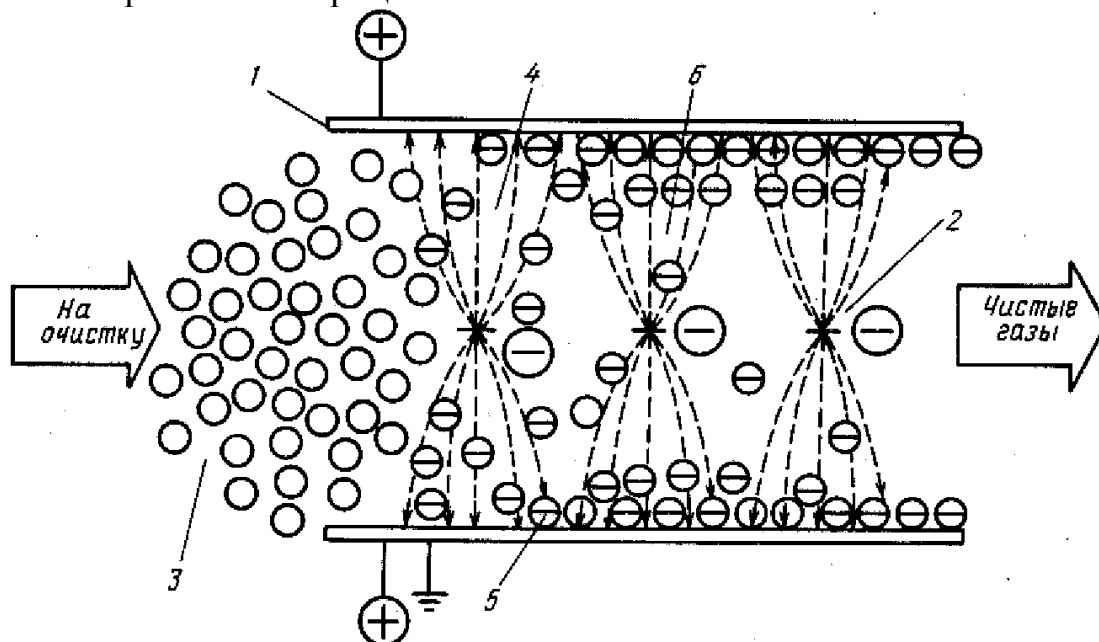


Рис. 2.21. 1 - осадительный электрод; 2 - коронирующий электрод; 3 - частицы зола и угольной пыли; 4 - электрическое поле; 5 - слой осевшей зола и угольной пыли; 6 - заряженная зола и угольная пыль

При достаточно высоком напряжении, приложенном к межэлектродному промежутку, у поверхности коронирующего электрода происходит интенсивная ударная ионизация газов, сопровождающаяся возникновением коронного разряда (ток короны).

Принцип работы электрофильтра:

Газовые ионы различной полярности, образующиеся в зоне короны, под действием сил электрического поля движутся к разноименным электродам, вследствие чего в электродном промежутке возникает электрический ток, который и представляет ток короны. Частицы зола и угольной пыли из-за адсорбции на их поверхности ионов приобретают в

межэлектродном промежутке электрический заряд и под влиянием сил электрического поля движутся к электродам, осаждаясь на них. Основное количество частиц осаждается на развитой поверхности осадительных электродов, меньшая их часть попадает на коронирующие электроды. По мере накопления на электродах осажденные частицы удаляются встряхиванием или промывкой электродов.

Процесс электрогазоочистки можно разделить на следующие стадии:

- зарядка взвешенных в газе частиц;
- движение заряженных частиц к электродам;
- осаждение частиц на электродах;
- удаление этих частиц с электродов.

Коронный разряд возникает при достижении определенной напряженности и электрического поля, называемой критической или начальной, которая, например, для воздуха при атмосферном давлении и температуре 20°C составляет около 15 кВ/см. При дальнейшем повышении напряженности нарушается электрическая прочность газового промежутка между электродами, наступает искровой или дуговой электрический разряд.

К коронирующим электродам подводится отрицательный заряд, так как подвижность отрицательных ионов выше положительных. Кроме того, при отрицательной короне удастся поддержать более высокое напряжение без искрового пробоя между электродами.

Рабочая часть электрофильтра, в которой существует электрическое

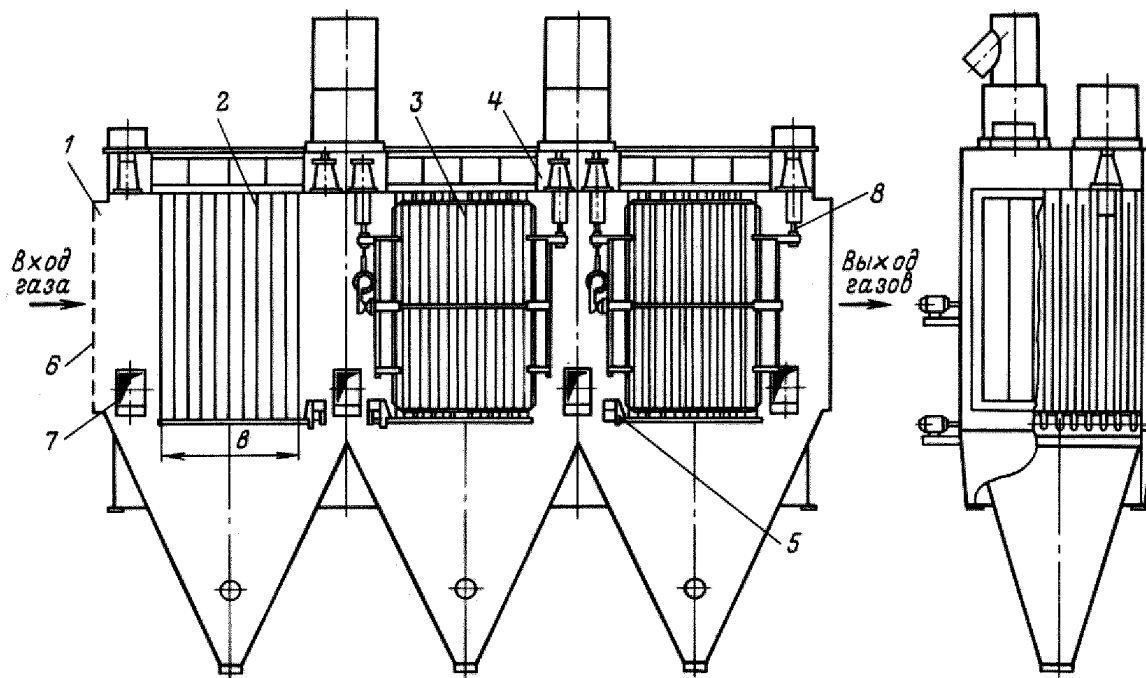


Рис. 2.22. Электрофильтр типа ЭГ:

1 - корпус; 2 - электрод осадительный; 3 - электрод коронирующий; 4 - механизм встряхивания коронирующих электродов; 5 - механизм встряхивания осадительных электродов; 6 - газораспределительная решетка; 7 - бункер для золы и угольной пыли; 8 - изолятор

поле, называется активной зоной. Она разделена на несколько электрических полей, через которые очищаемый газ проходит последовательно. Электрофильтры бывают однополюсными и многополюсными.

На большинстве электростанций, оснащенных электрофильтрами, применены аппараты типа УГ (унифицированный горизонтальный). Запыленные газы после газораспределительной решетки б (рис. 2.22.) поступают в коридоры, образованные вертикально висящими широкополосными осадительными электродами С-образной формы. Коронирующие электроды представляют собой профильные ленточные элементы с штампованными иглами, укрепленные в специальной рамке. Для удаления осевшей на электродах золы и угольной пыли предусмотрены встряхивающие устройства в виде молотков, ударяющих по наковальням электродов. Осевшая зола и угольная пыль попадает в бункера и затем через гидравлические затворы направляется в систему ГЗУ. Расчетная температура газов до 250⁰С.

Электрические поля имеют самостоятельное питание и систему встряхивания. На рис. 2.22. показан трехполюсный электрофильтр типа УГ. В первом поле оседает наибольшее количество золы, в последнем - минимальное.

Важным условием, определяющим эффективность работы электрофильтра, является агрегат электрического питания. Каждый агрегат обслуживает одно поле (или половину поля), состоит из трех узлов:

- повысительно-выпрямительного блока с высоковольтным распределительным устройством;
- блока магнитных усилителей;
- дросселей и пульта управления.

Для поддержания напряжения в любой момент работы электрофильтра на грани пробивного, когда обеспечивается наилучшая ионизация газов, применена автоматическая схема регулирования. Электрофильтры серии УГ имеют две разновидности: УГ2 - с высотой электрода 7,5м и активной длиной каждого поля 5м и УГ3 - с высотой электрода 12,2м и длиной поля 4 м.

Очистка дымовых газов от твердых частиц золы осуществляется через применение электрофильтров. Электрофильтры используются для достижения наиболее глубокой очистки дымовых газов в основном на крупных энергоблоках мощностью 300МВт и более. Современные установки для электрической очистки дымовых газов от золы состоят из заключенных в общий корпус систем осадительных и коронирующих электродов, механизмов их встряхивания устройств для обеспечения равномерного распределения скоростей движения газов по сечению активной зоны, электрофильтры, агрегатов питания выпрямленным током высокого напряжения, автоматических устройств для поддержания оптимального для очистки газов напряжения на коронирующих электродах и устройств для удаления уловленной золы.

В корпусе электрофильтра, чередуются между собой, на строго определенных расстояниях друг от друга расположены коронирующие осадительные электроды. Первые из них подвешены на изоляторах, и к ним подведен ток высокого напряжения отрицательного знака от агрегатов питания, а вторые заземлены. В промежутках между электродами при подачи высокого напряжения создается неравномерное электрическое поле, имеющее наивысшую напряженность на участках наибольшей кривизны у поверхности электродов. Вблизи этих поверхностей при достаточно высоком напряжении происходит местный пробой газов и возникает коронный разряд, являющийся источником интенсивной эмиссии электронов. Электроны и образовавшиеся за счет их движения газовые ионы при своем перемещении в электрическом поле к заземленному осадительному электроду сорбируются частицами золы и сообщают последним отрицательный заряд. Заряженные частицы золы и угольной пыли под действием электрического поля двигаются поперек газового потока и осаждаются на заземленных электродах, отдавая им свои заряды. Осевшая зола и угольная пыль периодически отряхивается с электродов и поступает в бункер, а из него в систему пневмо- и гидрозолоудаления.

2.6.4. Рукавные фильтры

Фильтр заключен в корпус коробчатой формы и разделен на два ряда секций. В каждой секции расположены рукава определенной высоты, горловины которых закреплены в отверстиях досок рукавных блоков регенерации. Пылегазовый поток поступает в аппарат через коллектор, расположенный на одном из торцов. Пыль осаждается на внешней поверхности рукавов и периодически сбрасывается с них при помощи импульсов сжатого воздуха, подаваемого сверху и снизу одновременно.

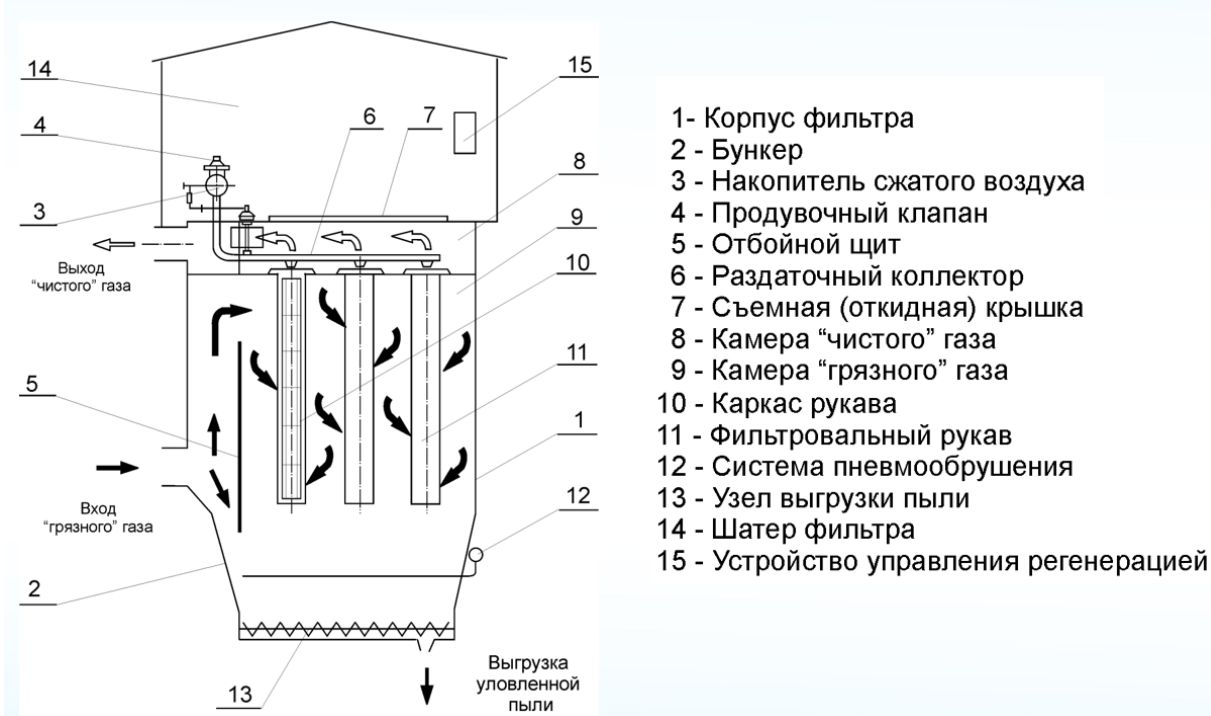


Рис. 2.23. Принципиальная схема работы рукавного фильтра

Очистка запыленного воздуха осуществляется при его прохождении через фильтровальные рукава, выполненные из специальной воздухо-проницаемой ткани (фильтроматериал), задерживающей пыль. Отсос и «прокачивание» через фильтр запыленного воздуха осуществляется вентилятором. Вентилятор установлен по потоку воздуха за фильтром и прохождение запыленного воздуха через фильтр происходит за счет разрежения, создаваемого вентилятором.

Запыленный воздух через входной патрубок поступает в камеру «грязного» воздуха. У входа в камере установлены отбойный щит и аэродинамическая решетка. Крупные частицы пыли после удара в отбойный щит падают вниз и оседают в бункере. Поток запыленного воздуха с помощью аэродинамической решетки распределяется по ширине камеры «грязного» воздуха, в которой установлены рукава из фильтроматериала.

Запыленный воздух омывает фильтровальные элементы, состоящие из рукава и каркаса, снаружи, проходит через фильтроматериала и через внутреннее пространство рукава попадает в камеру «чистого» воздуха (блок регенерации).

При прохождении воздуха через слой фильтроматериала происходит отделение и осаждение пыли на его наружной поверхности. Образовавшийся в начале сплошной слой пыли становится «вторичным» фильтрующим слоем и эффективность очистки воздуха существенно возрастает, с высокой эффективностью улавливаются даже микронные частицы.

Фильтроматериал выполняет роль несущей поверхности, т.е. служит основой для формирования и удержания фильтрующего пылевого слоя. Фильтровальные рукава изготавливаются из фильтроматериала, обеспечивающего требования по остаточной запыленности в условиях газопылевого потока с характеристиками, приведенными в Технических требованиях на установку рукавного фильтра.



Рис. 2.24. Фильтровальный рукав

Фильтроматериал и слой осажденной пыли при прохождении запыленного воздуха создают определенное сопротивление. В результате на

фильтрующем рукаве возникает перепад давления, под действием которого рукав фильтровальный стремится сплюснуться. Для удержания нагрузки от перепада давления воздуха, сохранения формы и проходного сечения внутри рукавов фильтровальных устанавливаются каркасы из проволоки.



Рис. 2.25. Каркас рукавного фильтра

Конструктивно секции каркаса выполнены из проволоки диаметром 4 мм.

По мере накопления на рукаве фильтровальном уловленных частиц пыли его газопроницаемость уменьшается, значительно возрастает перепад давления и снижается расход воздуха через фильтр. Нормальный режим работы фильтра может быть восстановлен путем проведения операции удаления слоя отложившейся пыли с поверхности рукава фильтровального. Эта операция называется регенерации.

В фильтре регенерация проводится периодически путем кратковременной подачи во внутреннюю полость рукавов струи продувочного воздуха, истекающего с большой скоростью из специальных сопел Лавалья, выполненных на раздаточном коллекторе.

Подача воздуха из распределителя продувочного воздуха осуществляется быстродействующим клапаном продувочным, управляемым системой автоматики, контролирующей и анализирующей состояние фильтра по замеру перепада давления воздуха на фильтровальных рукавах. Длительность импульса струи регулируется в пределах от 0,02 до 0,2 секунды. Такая струя воздуха оказывает на рукава фильтровальные и слой пыли ударное воздействие, приводящее к инерционному отделению частиц пыли от фильтроматериала и оседанию в пылевых воронках (бункерах).

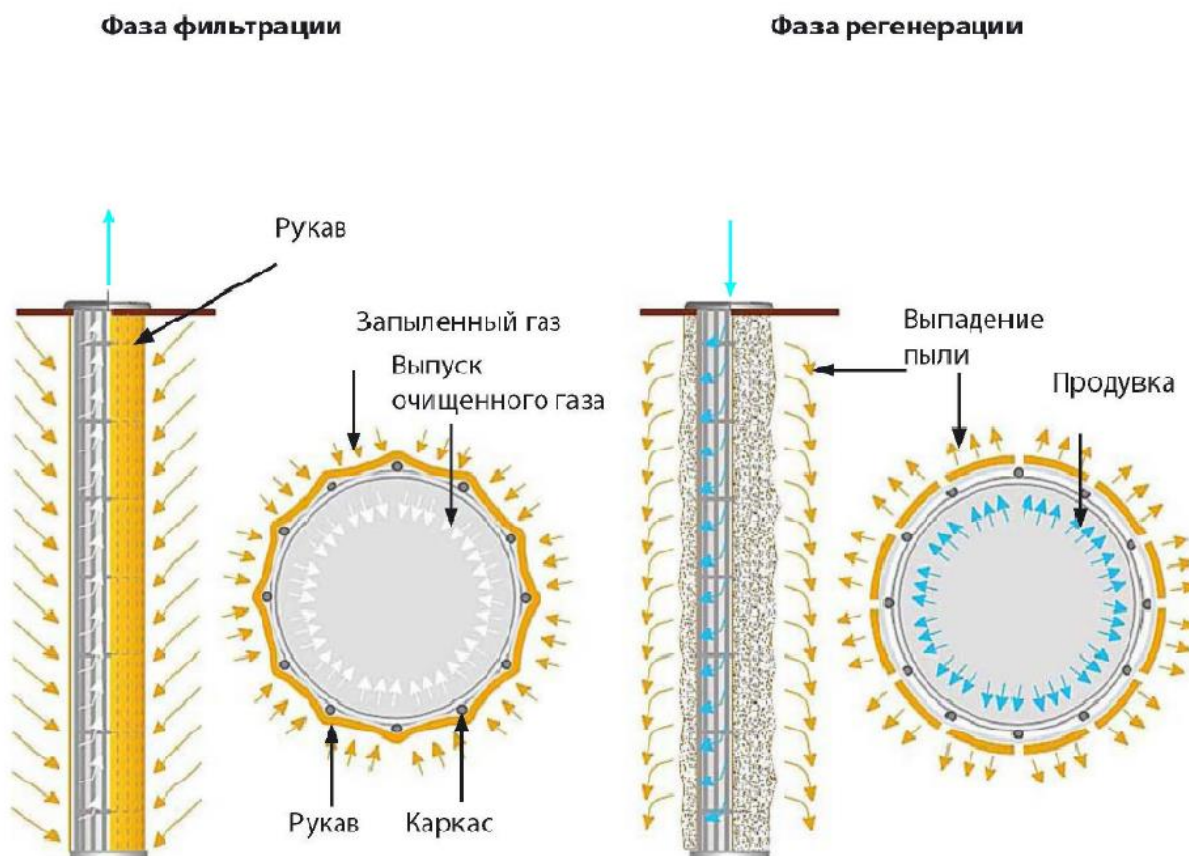


Рис. 2.26. Регенерация рукавного фильтра

Ударная волна, создаваемая клапаном продувочным, пробегает по всей длине рукава фильтровального. Фильтровальный рукав, который до этого момента прилегал к каркасу, резко раздувается до своего полного объема.

Частицы пыли при этом продолжают движение по инерции, отделяются от наружной поверхности фильтроматериала и начинают оседать вниз. Кроме этого, обратным потоком чистого воздуха выдуваются частицы пыли, засевшие в толще фильтровальной ткани.

Пылевое облако с высокой концентрацией твердых частиц оседает в нижнюю часть корпуса фильтра, в пылевых воронках (бункерах). Для проведения операции регенерации над корпусом фильтра установлен распределитель продувочного воздуха (распределитель). Сопла со специальным профилем типа Лавая, выполненные на коллекторе раздаточном, располагаются по оси рукавов фильтровальных.

В распределитель подается продувочный осушенный, очищенный воздух с давлением 5...6 кгс/см². Подводимый сжатый воздух должен быть осушен (точка росы не должна превышать минимальной минусовой температуры местности эксплуатации фильтра) и очищен. Система автоматики обеспечивает последовательное проведение регенерации каждой секции и восстановление нормального рабочего состояния всего фильтра.

Система импульсной очистки рукавов представляется ключевой в обеспечении функционирования фильтра. Данная система влияет на следующие показатели рукавов;

- выбросы твёрдых частиц;
- сопротивление рукавного фильтра;
- общее энергопотребление.

Рукава фильтра очищаются под действием сжатого воздуха, подаваемого в импульсные трубы и далее через сопла в рукава. Сопла уменьшают потери давления и распределяют импульс давления равномерно вдоль ряда рукавов фильтра. Сжатый воздух под большим давлением расширяет рукав таким образом, что пыль, осевшая на внешней стороне рукава, удаляется в бункер. Кратность встряхивания настраивается по таймеру или по перепаду давления на рукавном фильтре.

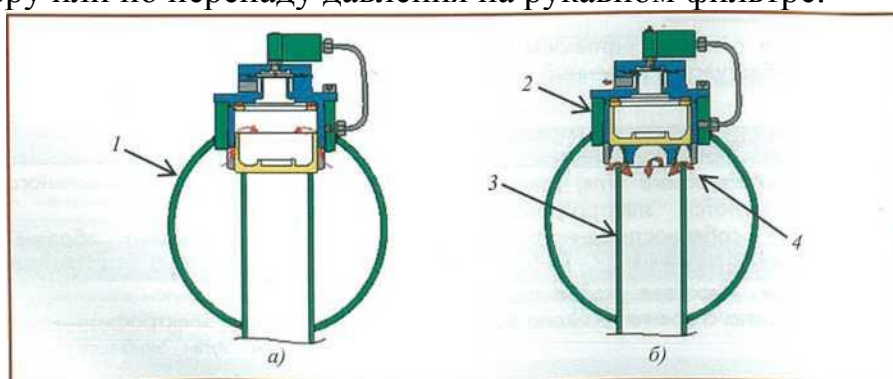


Рис. 2.27. Система импульсной очистки рукавов:

а — закрытое положение клапана; *б* — открытое положение клапана;
1 — резервуар; *2* — клапан; *3* — импульсная труба; *4* — воздух



Рис. 2.28. Система импульсной очистки рукавов

При заполнении пылевых бункеров до определенного уровня по сигналу датчиков уровня пыли включаются привода узлов выгрузки пыли, с помощью шнеков или под действием сжатого воздуха пыль удаляется из фильтра.

Улавливание пыли ее сбор и транспорт осуществляется в автоматическом режиме:

- уловленная пыль стряхивается импульсом сжатого воздуха компрессора фильтра по заданному алгоритму в таймере или перепаду давления запыленного и очищенного воздуха (можно изменять в процессе эксплуатации);

- пыль падает в промбункер – сбор уловленной пыли;

- при заполнении промбункера срабатывают отсекающие газоплотные шибера и пыль сжатым воздухом компрессора пневмотранспорта подается в обратном направлении на узлы перегрузки угля с одних ленточных конвейеров на другие, с заводом её под слой падающего угля.

Преимущества и недостатки применения рукавного фильтра

Преимущество:

- высокая степень пылеулавливания – за рукавными фильтрами 10 мг/м^3 (за электрофильтрами – 350 мг/м^3 и за аппаратами сухой инерционной очистки – $400 - 600 \text{ мг/м}^3$).

К недостаткам можно отнести:

- срок службы рукавов 3 года, по истечении срока требует полной замены рукавов (капитальный ремонт электрофильтров и эмульгаторов проводится раз в 10-15 лет с малыми затратами);

- требует высокий уровень подготовленности персонала при эксплуатации.

Перспективным способом пылеулавливания является способ, основанный на использовании насыщенного водяного пара. При конденсации пара возникает область пониженного давления, в которую устремляются пылинки и могут быть уловлены. Недостатками данного способа являются его низкая эффективность, нерациональное использование насыщенного пара, низкая эффективность пылеосаждения, большие затраты на выработку пара [34, 35, 36].

Повышение эффективности пылеулавливания можно достигнуть при смешении пылевоздушного потока со струей пара с последующей его конденсацией и осаждением пыли на капельках воды. Недостаток такого способа заключается в том, что конденсационный эффект при смешении струй носит вероятностный характер, определяемый турбулентностью воздушного потока.

Увеличение эффективности коагуляции пылинок может быть достигнуто за счет интенсификации процесса конденсации насыщенного водяного пара, содержащего пылевые частицы, на капиллярно-пористой структуре, охлаждаемой водой или воздухом. Вблизи холодной поверхности происходит укрупнение аэрозольных частиц на центрах конденсации водяного пара. Скорость диффузии пара к холодной стенке, покрытой капиллярно-пористой структурой, будет значительно выше, чем для гладкой поверхности. Капиллярные силы позволяют более интенсивно и равномерно отсасывать жидкость, увеличивая скорость конденсации.

Основной движущей силой частиц пыли является поток конденсирующегося пара. Дополнительными силами будут диффузионные и термофоретические. Удаление осажденных частиц осуществляется жидкостью, которая перемещается при комбинированном действии капиллярных и массовых сил. Дальнейшей задачей исследования является познание механизма процесса пылеулавливания в поле диффузии пара при его конденсации на капиллярно-пористой структуре, выбор типа и материала структуры, которые должны обеспечить равномерное распределение жидкостной пленки, конструирование питающих артерий.

3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ И ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ НА УЗЛАХ ПЕРЕСЫПКИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ТОПЛИВОПОДАЧИ

Выбор аппарата для очистки газов определяется рядом факторов, главными из которых являются размеры улавливаемых частиц и заданная степень очистки газов. Исходя из этих параметров, можно ориентировочно выбирать газоочистительные устройства по данным, приведенным в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Аппарат	Размеры улавливаемых частиц в мкм	Степень очистки в%
Пылеосадительные камеры	5—20000	40—70
Центробежные пылеосадители	3—100	45—85
Электрофильтры	0,005—10	85—99
Гидравлические пылеуловители	0,01—10	85—99
Газовые фильтры	2—10	85—99

Приведенные данные дают представление лишь о порядке соответствующих величин, которые могут изменяться в широких пределах в зависимости от состояния, состава и свойств поступающего на очистку запыленного газа. Как видно из таблицы, пылеосадительные камеры и центробежные пылеосадители можно применять только для сравнительно грубой очистки газа. При этом следует отдавать предпочтение циклонам как более компактным аппаратам, обеспечивающим относительно высокую степень очистки.

Более полная степень очистки газов может быть достигнута при использовании гидравлических пылеуловителей, газовых фильтров и электрофильтров.

Мокрая очистка газов в гидравлических пылеуловителях (скрубберах — насадочных, центробежных и струйных) и механических газопромывателях обеспечивает высокую степень очистки газов (98—99%). Однако этот способ ограничено применяют в химической и угольной промышленности, так как

мокрая очистка сопровождается охлаждением, увлажнением, а иногда и окислением газа. Кроме того, улавливаемые при мокрой очистке частицы не всегда можно использовать в производстве.

Получившие в последнее время некоторое распространение на химических заводах и угольной промышленности пенные аппараты обеспечивают высокую степень очистки газов от пыли, дыма, туманов (до 90%), но они также не лишены присущих гидравлическим пылеуловителям недостатков.

Аэропенный способ пылеподавления характеризуется тем, что связывание и коагуляция пыли осуществляется в воздушном потоке аэрозоля, включающего воздушнонаполненные водные (98%) пены высокой кратности, в состав которых входят поверхностно-активное вещество, представленное олеиновой кислотой (0,8-1,2%) и содой каустической (0,4-0,6%), а в качестве стабилизатора - глицерином (0,2-0,4%), а пылеподавление осуществляется выдуванием раствора через сопла форсунки на запыленные поверхности.

3.1. Обеспыливание воздуха пенным способом

Обеспыливание воздуха пенным способом включает в качестве основных этапов пылеподавление и пылеочистку.

Пылеподавление

При этом необходимо учитывать, что отличительной особенностью пенного способа обеспыливания на этапе пылеподавления является экранирование пыли у источника пылевыделения, физическая сущность которого заключается в том, что частица углубляется в пузырек, вытягивает пленку и образует кратер в форме сечения пылинки. Поэтому, для реализации этого этапа в качестве дополнительной дисперсной системы следует использовать пену с минимальным эффектом смачивания и максимальным эффектом экранирования. Экранирующее действие пены, то есть ее способность уменьшить доступ воздуха к очагу пылеобразования, связано с ее свойствами предотвращать прорыв частиц пыли через пенный слой. При соприкосновении с пылящей поверхностью происходит разрушение нижних слоев пены, а так как интенсивность выделения пыли по всей пылящей поверхности неодинакова, то в отдельных местах в пенном слое образуются пустоты, которые при определенных условиях могут распространяться до поверхности пенного слоя.

Процесс разрушения пены на границе пена - пылящая масса протекает следующим образом: вначале, вследствие, разрушения отдельных пузырьков пены, образуются газовые полости. В образовавшуюся полость продолжает поступать пыль, которая увеличивает ее размер. Если размер полости небольшой, то она остается внутри пенного слоя. Если размер полости окажется больше толщины слоя пены, то произойдет прорыв и пыль выйдет наружу. Изолирующая способность пены зависит от физико-химических свойств пенообразователя и от структуры самой пены. Исходя из условий

оптимального пылеподавления частиц пеной, сформулированы основные требования, предъявляемые к процессу экранирования, то есть к пылеподавлению пенным способом:

- раствор пенообразователя при низких концентрациях должен давать высокодисперсные и достаточно устойчивые со временем пены;
- при одинаковых пенообразующих свойствах для получения пены должны применяться растворы пенообразователей с большим поверхностным натяжением;
- пенообразующий раствор должен как можно слабее смачивать улавливаемую пыль;
- улавливаемая пыль должна быть тонкодисперсной и иметь невысокую температуру и скорость движения.

Пылеочистка

При реализации процесса пылеочистки необходимо осуществлять смачивание пыли пеной, то есть процесс частичного перехода жидкости от пенных пузырьков к частицам пыли вследствие растекания жидкости по их поверхности. В результате такого взаимодействия происходит полное поглощение частицы пузырьком. На процесс смачивания оказывает существенное влияние явление адсорбции, в результате которого может быть нарушено соотношение значений и создают условия для интенсивного поверхностных натяжений на границе фаз, участвующих в смачивании. На процесс смачивания влияют в основном природа и концентрация раствора пенообразователя и смачиваемость пыли. Плохо смачиваемые частицы разрушают пузырек и остаются в воздухе или располагаются на поверхности пузырька, препятствуя контакту с вновь подлетающими частицами.

Поверхностно-активные вещества, находящиеся в пенообразующей жидкости, представляют собой важный способ управления поверхностным натяжением жидкости и смачивания ею твердой поверхности. В момент контакта с пылинкой молекулы ПАВ, находящиеся в пленке пузырька и адсорбированные на ее поверхности, уменьшают разность полярностей на границе жидкость-твердая частица и создают условия для интенсивного молекулярного воздействия между молекулами жидкости и твердого тела. Частица прочно прилипает к поверхности пузырька, затем наступает процесс растекания жидкости по поверхности частицы, который заканчивается, когда вся поверхность частицы смочена жидкостью. В силу наличия поверхностного натяжения, которое стремится сократить поверхность жидкости до минимальных размеров, наступает следующая стадия - втягивание смоченной пылинки внутрь пленки пузырька или внутрь пузырька, и создаются исходные условия для связывания вновь подлетающих частиц пыли. Процесс смачивания пенным слоем эффективен, если пузырек, поглотив частицу, не разрушается или, разрушившись при контакте с пылинкой, превращается в капельку и оседает вместе с пылевой частицей. Для этого целесообразно применять пузырьки пены, обладающие

высокой инерционностью и максимальным эффектом смачивания пылевых частиц.

Таким образом, процесс смачивания пыли пеной, то есть процесс пылеочистки пенным способом должен соответствовать следующим требованиям:

- пена, применяемая для процесса пылеочистки, должна обладать достаточно высокой кратностью, но иметь меньшую стойкость по сравнению с пеной при пылеулавливании;
- для получения пены должны применяться растворы пенообразователей с невысоким поверхностным натяжением;
- улавливаемая пыль должна быть тонкодисперсной и иметь достаточную скорость движения, чтобы разрушить пузырьки.

Немаловажным для практики обеспыливания свойством пылевых аэрозолей является их *способность* образовывать агрегаты в результате *коагуляции*. В результате происходит слипание частиц между собой, с уменьшением их суммарной поверхности при одновременном уменьшении свободной энергии системы. Коагуляция протекает в двух формах: явной и скрытой. При явной коагуляции частицы дисперсной фазы образуют между собой агрегаты, что приводит к увеличению их размеров и массы. Скрытая коагуляция обычно является первой стадией общего процесса коагуляции и проявляется лишь в изменении запаса энергии аэрозоля. Скорость коагуляции является одной из основных характеристик процесса, математическое выражение которой зависит от характера преобладающего процесса, в результате которого происходит коагуляция. Общая и достаточно приближенная математическая зависимость скорости коагуляции, выражаемая посредством скорости убывания числа частиц в единице объема аэрозоля, представлена формулой (3.1.):

$$dC_n = k_k * C_n^2 / dt, \quad (3.1.)$$

где C_n – количество частиц, содержащихся в дисперсной фазе в единице объема пылевого аэрозоля, $1/m^3$; k_k – константа коагуляции, которая определяется в зависимости от химического состава частиц.

Коагуляция протекает как при процессе пылеочистки, так и процессе пылеулавливания.

3.2. Основные свойства пены

Основными свойствами пены являются: кратность, дисперсность и стойкость.

Кратность пены - количество пены, определяемое из единиц объема жидкости, определяется отношением:

$$K = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ж}}} = \frac{(V_{\text{г}} + V_{\text{ж}})}{V_{\text{ж}}}, \quad (3.2.)$$

где $V_{п}$ и $V_{ж}$ - соответственно объемы пены и раствора пенообразователя, из которого она получена, $V_{г}$ - объем газа в пене.

Для образования пены необходимо ввести в жидкость 74% газа по объему, тогда кратность будет равна 3,8, т.е. только при такой кратности и выше получается пена [37].

Кратность пены меняется от нескольких единиц до нескольких ни даже тысяч. При этом пена в зависимости от кратности подразделяется на пену малой (20—50), средней (50—250) кратности и высокократную (свыше 250). Для пылеподавления широко используется пена средней и высокой кратности.

Дисперсность пены определяет средний размер воздушных пузырьков и зависит от физико-химических свойств пенообразователя, способа смешения фаз, кратности пены, конструктивных особенностей пеногенераторов или технологических аппаратов, а также режимов ведения технологических процессов, в ходе которых образуется пена.

При генерации пены размеры пузырьков могут изменяться от сотых долей миллиметра до нескольких сантиметров. Чем меньше пузырьки, тем более дисперсна пена, при большем размере ячеек пена называется грубодисперсной (рис. 3.1.). Из рис. 3.1. видно, что с увеличением времени в зависимости от кратности диаметры воздушных пузырьков постепенно растут.

Установлено, что грубодисперсная пена быстрее обезвоживается, так как межпузырьковые каналы, по которым стекает жидкость, имеют большую площадь сечения и скорость стекания жидкости по ним относительно велика [38]. Кроме того, в грубодисперсной пене из-за неравномерной толщины жидких прослоек возникают значительные капиллярные усилия, вызывающие отсасывание жидкости из тонких участков пленки в более толстые, что также приводит к быстрому обезвоживанию пены и к ее разрушению. Следовательно, для пылеподавления необходима пена высокой дисперсности.

Следует иметь в виду, что с течением времени растет полидисперсность пены, способствующая также ее разрушению за счет диффузии газа из маленьких пузырьков в большие.

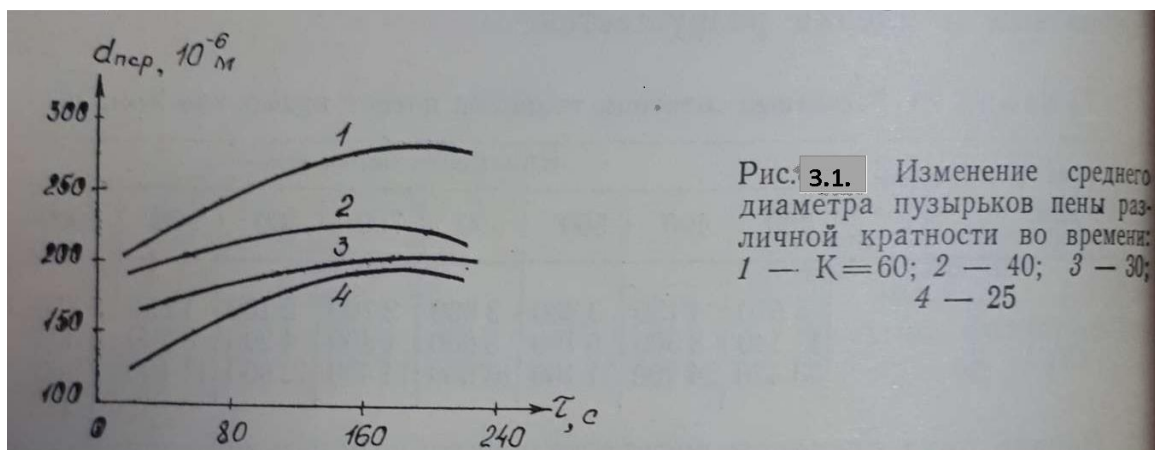


Рис. 3.1. Изменение среднего диаметра пузырьков пены.

Уравнение, характеризующее изменение размера пузырька в результате диффузии газа через стенки ячеек, имеет следующий вид:

$$d_0 - d_{\text{п}} = \frac{16RT}{P} \cdot \frac{D\sigma_{\text{ж.г}}L}{\delta} (\tau - \tau_0), \quad (3.3.)$$

где d_0 — начальный диаметр пузырька в момент времени τ_0 , м; P — атмосферное давление, Па; L — растворимость газа в жидкости; D — константа диффузии.

Стойкость, или устойчивость, пены — это способность сохранять общий ее объем или определенную часть, дисперсный состав и препятствовать синерезису. Для оценки устойчивости пены используется величина, обратная скорости истечения междупеночной жидкости и измеряющаяся секундами на кубический сантиметр [39].

Основными условиями образования устойчивой пены являются низкое поверхностное натяжение раствора, низкая упругость паров растворенного ПАВ, образование вязкой аморфно-твердой пленки и большая гетерогенность поверхностного слоя.

Стойкость пены обусловлена рядом факторов, среди которых: основными являются кинетический (действие так называемых эффектов Марангони и Гиббса), структурно-механический (образование механически прочных адсорбированных слоев) и термодинамический [37]:

1. Стабилизация пен, обусловленная эффектом Гиббса, заключается в способности пленки оперативно изменять величину поверхностного натяжения. При уменьшении объема пены в результате сжатия отдельных пузырьков или их разрушения пленка испытывает локальные деформации, под действием которых поверхностное натяжение повышается в растянутых участках и снижается в сжатых, тогда как плотность адсорбционного слоя молекул ПАВ изменяется наоборот. Разность натяжений различных участков поверхности пленки вызывает перетекание жидкости из участков с большей плотностью в участки с меньшей, что и замедляет обезвоживание пленки. Действие эффекта Гиббса распространяется только на тонкие пленки и при сантимольных концентрациях растворов ПАВ.

2. Структурно-механический фактор стойкости пены можно объяснить образованием механически прочных адсорбционных слоев за счет наличия сил взаимного сцепления отдельных молекул. Разрывы, возникающие в результате истечения междупленочной жидкости, быстро исчезают благодаря подвижности этих молекул. Важную роль в повышении стабильности пен играет вязкость междупленочной жидкости, с увеличением которой замедляется скорость ее истока. Адсорбционные слои и связанные с ними сольватные оболочки обладают повышенной структурной вязкостью из-за высокой концентрации в них ПАВ.

3. Термодинамический фактор устойчивости обусловлен наличием расклинивающего давления, препятствующего утончению слоя жидкости под действием капиллярных сил. Так, если пены получены из ионных пенообразователей, то на обеих поверхностях пленок возникают электрические слои и в результате их отталкивания появляется расклинивающее давление.

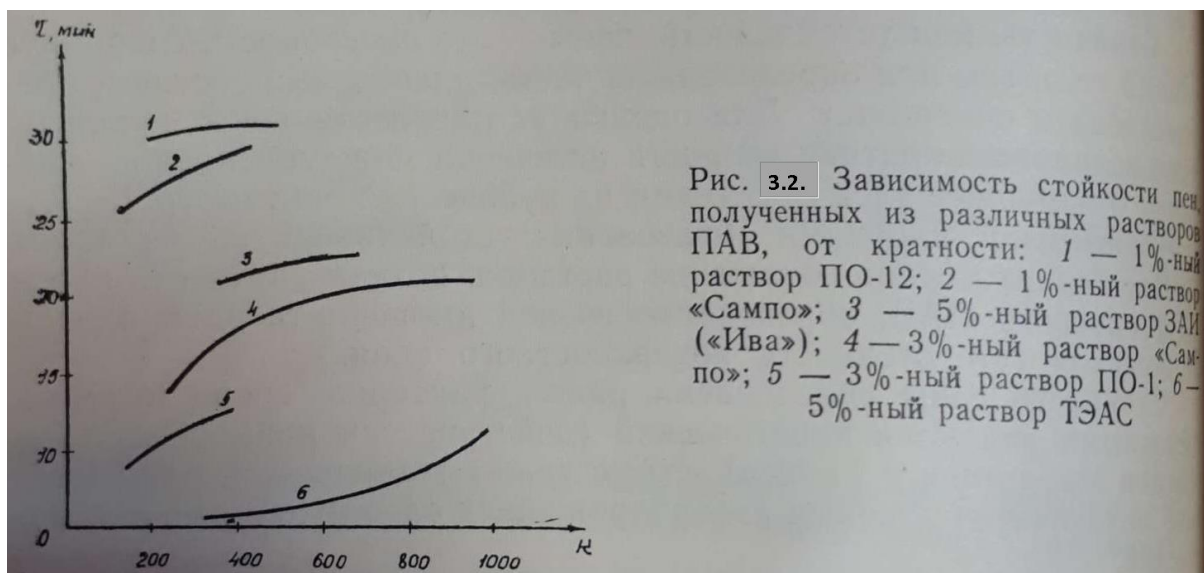


Рис. 3.2. Зависимость стойкости пен, полученных из различных растворов ПАВ, от кратности: 1 — 1%-ный раствор ПО-12; 2 — 1%-ный раствор «Сампо»; 3 — 5%-ный раствор ЗАИ («Ива»); 4 — 3%-ный раствор «Сампо»; 5 — 3%-ный раствор ПО-1; 6 — 5%-ный раствор ТЭАС

Рис. 3.2. Зависимость стойкости пены

Зависимость стойкости пены (мин) различных растворов пенообразователей от ее кратности показана на рис. 3.2. При этом для пены, генерируемой из 3%-ного раствора ПО-1 стойкость составила 14 мин, 1%-ного раствора «Сампо» — 30—35 мин [40, 41]. Кроме того, стойкость пены можно повысить введением в раствор ПАВ дополнительно специальных стабилизаторов.

Стабилизаторы пен делятся на следующие группы [42, 43]:

- повышающие вязкость раствора пенообразователя, благодаря чему уменьшается скорость синерезиса пены (глицерин, этиленгликоль, метилцеллюлоза, карбоксиметилловый спирт);
- уменьшающие поверхностное натяжение пленок жидкости (высшие жирные спирты);

- образующие в растворе пенообразователя структуры, элементы которой переходят в пленки пен, препятствуя их обезвоживанию агар-агар, клей, желатин, крахмал);
- улучшающие стойкость пены на определенной границе раздела фаз (поливиниловый спирт) и др.

Применение стабилизаторов позволяет значительно увеличить Эффективность пылеулавливания и уменьшить расход пенообразователя. Так, при пылеподавлении пеной без стабилизирующих добавок в местах перегрузки угля эффективность составила 83—83%, а с добавками — 98—99% [42].

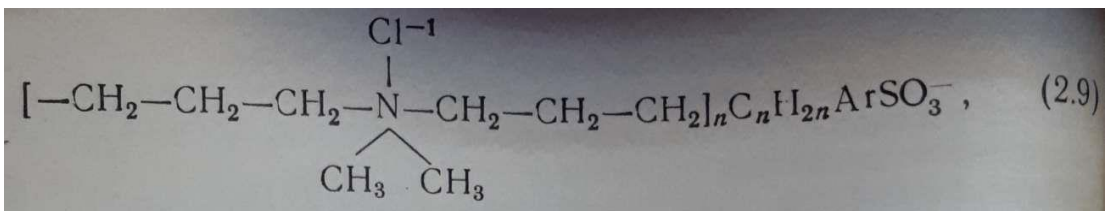
Важной механической характеристикой пены, позволяющей определять ее реологические свойства (растекаемость пенной массы по поверхности, способность к свободному истечению из отверстий и т. д.), является вязкость. Она зависит от времени образования пены, наличия различных добавок, температуры и других факторов. Вязкость пены снижается при добавлении к раствору пенообразователя хлорида натрия. Аналогично влияет и повышение температуры. В процессе старения пены вязкость вначале увеличивается, а затем в зависимости от типа пенообразователя либо понижается, либо остается неизменной. Это связано с уменьшением толщины пленок, прочность которых выше, чем относительно толстых.

Все свойства пены связаны между собой и взаимозависимы. Разумно изменяя их, усиливая одни и ослабляя другие химическим, Механическим, физическим и электрофизическим путем, можно получить такие свойства пены, которые будут максимально соответствовать задаче эффективного пылеподавления.

В Англии и США пенный способ борьбы с пылью стал применяться с 50-60 годов прошлого века. В нашей стране этот метод стали применять несколько позже.

Пена – достаточно сложное образование, состоящее, по меньшей мере, из трех компонентов: жидкость, газ и поверхностно-активное вещество (ПАВ), растворимое в жидкости. С одной стороны, проведение целого ряда технологических процессов немислимо без использования пены. С другой стороны, существует много областей промышленного производства, где ее образование представляет существенную помеху, нарушающую нормальный ход процесса. В настоящее время свойства пен и характеристики процессов, протекающих в них, включаются как технологические параметры в инженерные расчеты различных аппаратов и производств.

Для каждых видов пылей разрабатываются специальные ПАВ, например, для подавления трудносмачиваемой свинецсодержащей пыли разработан состав пенообразующего раствора, который содержит сульфитно-спиртовую барду и воду. Дополнительно вводится сополимер полидиметилдиаллил аммоний хлорида и соли алкилароматических сульфокислот общей формулы [44]:



(3.4.)

где $n = 8—12$.

Соотношение компонентов (мас.%): барда — 0,5—5,0; сополимер— 0,5—1,5; вода — остальное. Данный пенообразующий раствор — жидкость коричневого цвета со слабым запахом нефтепродуктов.

Результаты сравнительного анализа пенообразующей способности раствора предлагаемого состава и ПО-1 показали, что при соответствующей концентрации они близки друг другу (рис. 3.3.). По эффективности пылеподавления он выше ПО-1 на 8,5%, а содержание свинца снижает на 7,8% [37].

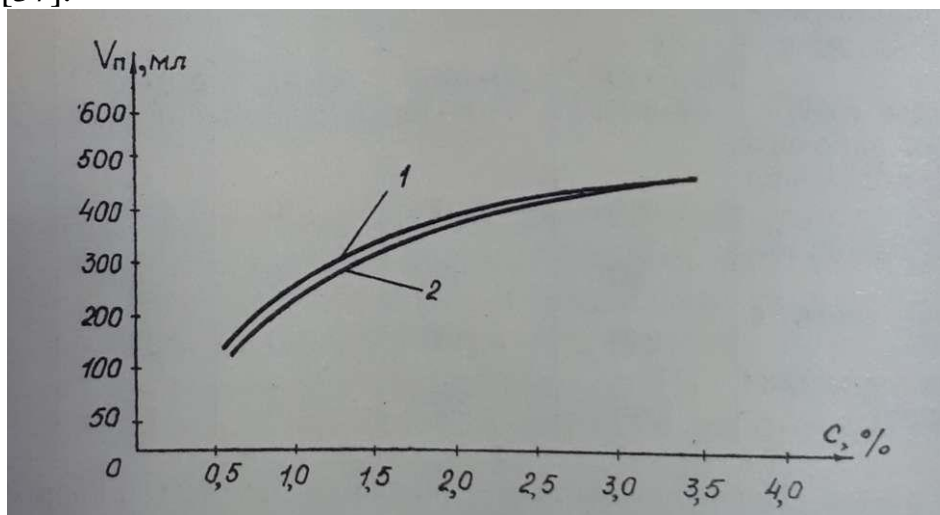


Рис. 3.3. Зависимость пенообразующей способности растворов ПАВ от концентрации: 1 — раствор ПО-1; 2 — разработанный раствор

В связи с этим отметим, что для характеристики структуры пены в научно-технической литературе широко используются такие параметры, как газосодержание — φ , под которым понимается объемная доля газа в смеси; кратность — K , характеризующая степень «вспененности» раствора, и, наконец, объемная плотность — g , определяющая долю жидкости в пене. Эти величины нетрудно выразить через параметры:

$$\varphi = \varepsilon_2; \quad K = \frac{1}{\varepsilon_1}; \quad \gamma = \varepsilon_1, \quad (3.5.)$$

В зависимости от формы пузырька пены классифицируют на сферические, ячеистые и полиэдрические. Нижнюю границу существования пены дает сферическая монодисперсная пена ($\varepsilon_2 = \varepsilon_{2\min} \approx 0,741$, $K = 3,86$). Полидисперсность и уменьшение диаметра пузырька приводит к увеличению газосодержания ε_2 . При этом пена может оставаться сферической.

Дальнейшее увеличение ε_2 возможно за счет деформации пузырьков. При этом она становится вначале ячеистой, а затем полиэдрической.

Одним из основных процессов, протекающих в пенах, является процесс истечения жидкости, получивший название синерезиса пен или «дренажа пен». Однако, несмотря на большое число исследований, обзор которых представлен в [4–6], возможности математического моделирования и инженерного расчёта этих процессов весьма ограничены. Большой вклад в развитие понимания и количественных оценок различных локальных явлений, составляющих сущность процесса истечения в целом, внесли работы Кротова и Канна [45–47]. Однако математическое представление процесса, которое существует на данный момент, дает возможность получить локальные и интегральные оценки характеристик только для процесса расслоения пен в цилиндре под действием постоянных массовых сил (например, силы тяжести).

Реальные процессы существенно отличаются от подобного представления. Например, в центрифугах и сепараторах непостоянство массовых сил может приводить к перераспределению объемных долей газа и жидкости, конечным результатом которого возможен обратный процесс, т. е. насыщение пены жидкостью. Даже в гравитационных концентраторах, работающих в режиме непрерывного вытеснения, из-за наличия сдвига скорости в пене становится невозможным использование существующей модели гравитационного расслоения пены. Наличие твердых примесей (например, микроорганизмов в биотехнологии) также вносит существенные коррективы в процесс. Однако, если фильтрационную характеристику такой пены можно корректировать по результатам экспериментов по стационарному протеканию жидкости через пену [46], то так называемое «капиллярное давление», или «капиллярное всасывание», не поддается прямой экспериментальной проверке, поскольку представляет собой лишь идеализированное представление об эталонном процессе гравитационного расслоения пены.

Применение пены для борьбы с пылью основано на следующем. Пена представляет собой дисперсную систему, состоящую из ячеек-пузырьков газа, разделенных пленками жидкости. Поэтому пена имеет значительно больший объем, чем жидкость, из которой она образована. Это позволяет при относительно небольшом расходе пенообразующей жидкости увеличить поверхность взаимодействия ее с пылью в сравнении с орошением диспергированной водой. Кроме того, слоем пены можно изолировать очаги пылеобразования и воспрепятствовать переходу пыли во взвешенное состояние и распространение ее в атмосфере над складом топлива.

При контакте пены с угольной пылью происходит адсорбция молекул ПАВ на поверхности пылевых частиц, в результате чего увеличивается поверхностное натяжение жидкостных пленок, снижаются упругие свойства пенных пузырьков, которые в конечном итоге приводят к разрушению пены. Интенсивность разрушения пены увеличивается с уменьшением размеров

пылинок в результате увеличения поверхности контакта частиц с пленкой жидкости.

При нанесении пены на угольный склад наблюдается очистка от пыли за счет втягивания угольных частиц внутрь пузырьков пены. Это обусловлено процессами, протекающими в пене при ее распаде: всасывание жидкости из плоских тонких участков пленки в утолщенные, разрывы пленок и т.д. Разрушение пены связано с истечением жидкости в межпузырьковых пленках из верхних в нижние слои пены и диффузией газа из мелких пузырьков в крупные, в результате чего пленки утончаются и разрываются.

Под действием разности давлений в пленках пены происходит всасывание межпленочной жидкости, а также диффузия газа между пузырьками. Процесс всасывания представляет собой течение жидкости по каналам Плато в сторону утолщенных участков, которые находятся под меньшим давлением. Гравитационные силы регулируют истечение жидкости через всю сеть каналов Плато, но оказывают пренебрежимо малое влияние на перетекание жидкости из пленок к этим каналам.

В начальный момент происходит истечение излишнего количества жидкости, заключенной между пузырьками. Из всего объема пены раствор, содержащийся в промежутках, стекает вниз, подпитывая ниже лежащие слои пенных пузырьков. Истечение заканчивается, когда вся излишняя жидкость будет удалена и адсорбционные слои пленок соединятся. Далее начинается утончение адсорбционных слоев до состояния термодинамически неустойчивой пленки. На этой стадии истечения жидкости из пены обуславливается капиллярными явлениями. Под действием капиллярных сил, вызванных различной кривизной отдельных участков пленки пузырька, поверхностные слои пленок при истечении подвергаются упругим деформациям: они могут растягиваться или сжиматься в соответствии с направлением действующих на них усилий. При растягивании пленки молекулы ПАВ поверхностного слоя становятся менее плотно "упакованными", т.е. происходит локальное увеличение поверхностного натяжения. Однако проявляющийся эффект Марагони (поверхностное течение раствора из области низких поверхностных натяжений в область больших значений σ) восстанавливает "ослабленный" участок. Эти два процесса протекают одновременно в течение всего периода существования пены вплоть до достижения пленками минимальной критической толщины (по величине примерно равной размеру двух адсорбированных молекул ПАВ), при которой они становятся хрупкими и могут разрываться при относительно слабом механическом воздействии, которое ранее они могли бы выдержать.

Учитывая, что вес угольных пылинок диаметром менее 100 мкм не превышает $1 \cdot 10^{-8}$ Н, а силы адгезии их к поверхности конвейера и транспортируемого угля - не более $0,2 \cdot 10^{-8}$ Н [48] и, сравнивая их с величинами динамических усилий, возникающих при разрушении пены, можно заключить, что силы, обусловленные распадом пенных пузырьков, значительно превышают силы адгезии и вес угольных пылинок, поэтому

последние могут быть легко оторваны от кусков угля или поверхности склада топлива и втянуты внутрь слоя пены. Естественно, что для всасывания в пену пылевых частиц, прилипших к пенным пузырькам за счет гравитационных и инерционных сил, требуются еще меньшие усилия. Таким образом, при пылеподавлении пеной в сравнении с орошением диспергированной жидкостью значительно увеличивается вероятность проникновения частиц в слой жидкости, в результате чего может повышаться эффект обеспыливания.

Следует отметить, что эффект всасывания частиц внутрь пены значительно усиливается при механическом перемешивании нижних ее слоев, содержащих большое количество число частиц загрязнений, с верхними слоями. В случае подачи пены в зону разрушения угля, при его выгрузке на склад, происходит интенсивное перемешивание ее, в результате чего улучшается процесс всасывания и смачивания пылевых частиц, находящихся в угле и на поверхности склада топлива.

На основании рассмотренных исследований, механизм очищающего действия пены объясняется следующим. При нанесении пены на загрязненную поверхность за счет кинетической энергии пены происходит отрыв частиц загрязнений от этой поверхности. Выделяющаяся из пены жидкость при разрушении ближайшего слоя пузырьков смачивает поверхность, образуя слой смачивания определенной толщины. Частицы пыли, в результате перетекания жидкости из плоских участков пленок пены в каналах Плато, отрываются от поверхности и концентрируются в утолщенных участках пленок. Некоторая доля частиц оказывается втянутой в пену на высоту $1/3$ пузырьков. Отрыву частиц и втягиванию их в пену способствует, помимо капиллярного эффекта, такое разрушение отдельных пленок. Так как интенсивность изменения дисперсного состава пены происходит в течение первой минуты после образования и нанесения ее на поверхность, то к этому времени процесс отрыва частиц и распределение их в упомянутых участках пленок заканчивается.

При скорости движения воздуха в галере конвейера 3,5 м/с наблюдается унос неразрушенной пены кратностью свыше 150 воздушным потоком, что причиняет неудобства машинистам топливоподачи. Чтобы избежать подобных случаев применительно к конвейерам и дробильным отделениям рекомендуется, чтобы скорость запыленного потока, поступающего на пенный экран, не превышала 0,6-0,7 м/с.

Наиболее эффективна подача пены непосредственно к источнику выделения пыли или одновременно подача пены и пылеуноса материала. В этом случае предпринимались неоднократные попытки определить оптимальные параметры пены, а также ее количество, необходимое для эффективного пылеподавления. Интенсивность разрушения пены при контакте с угольной пылью увеличивается с падением дисперсности пены (увеличением диаметра ячеек). Оптимальная для подавления угольной пыли в условиях топливоподачи ТЭС пена кратностью 80-200 дисперсностью не более 5 мкм. На практике для пылеподавления используются пены

кратностью от 100 до 300. Во избежание уноса пены потоком воздуха используется пена кратностью 100-250.

В пеногенераторе (рис. 3.4.) в целях повышения производительности, а также упрощения конструкции распылитель выполнен в виде трубчатого кольца со щелью, расположенной в плоскости перпендикулярной к оси пакета сеток.

При использовании пеногенератора раствор ПАВ подводится по трубчатому кольцу к торцевой поверхности пенообразующего пакета сеток и равномерно распределяется по их ячейкам за счет совместного действия массового и капиллярного потенциалов. В корпус подается поток воздуха, необходимый для выдувания из ячеек сеток пузырьков пены. Комбинированное использование массовых и капиллярных сил обеспечивает создание как равномерного, так и устойчивого распределения пленки пенообразующего раствора по всей поверхности сеток [49].

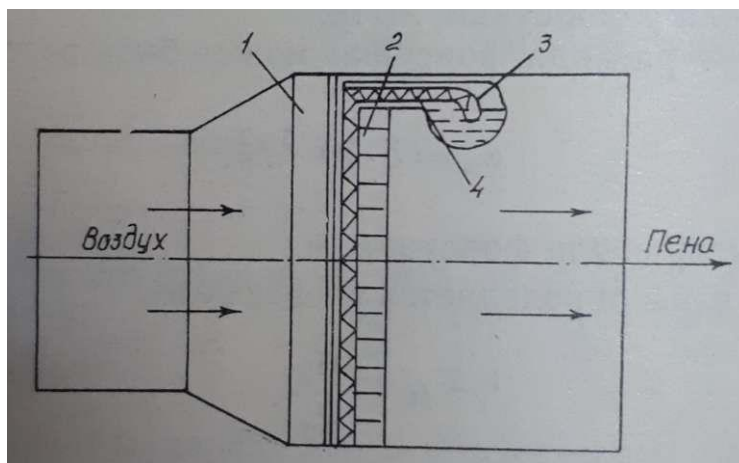


рис. 3.4. Схема пеногенератора: 1 — корпус; 2 — пакет сеток; 3 — распылитель
4 — трубчатое кольцо

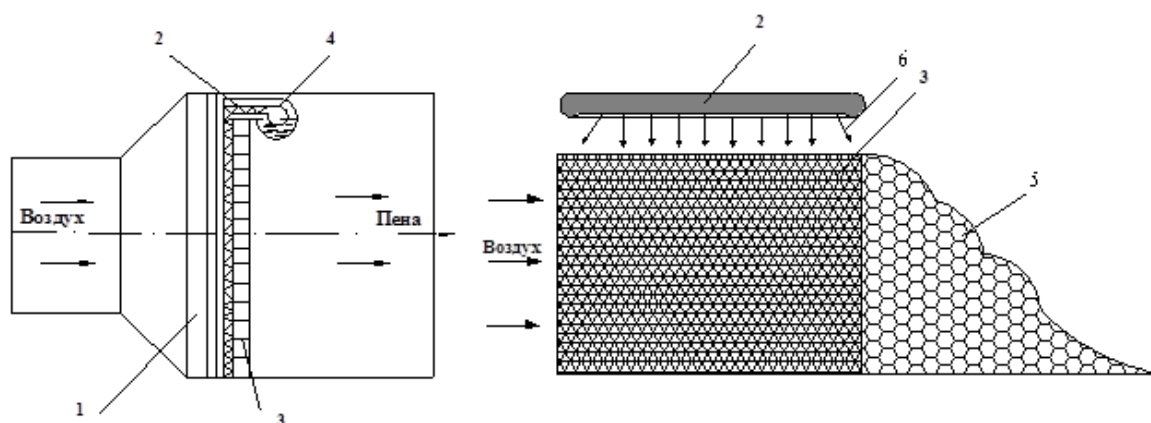


Рисунок 3.5.— Схема пеногенератора:
1 — корпус; 2 — трубчатое кольцо; 3 — пакет сеток; 4 — распылитель; 5 — пена;
6 — раствор пенообразователя

Тракт топливоподачи Алматинской ТЭЦ-2 состоит из следующих основных сооружений:

Разгрузочного устройства, в котором установлены два роторных вагонопрокидывателя ВРС-125 и ВРС-134. Компоновка разгрузочного устройства выполнена с перпендикулярным выходом ленточных конвейеров. Первичное дробление угля осуществляется дробильно-фрезерными машинами ДФМ-11. Качающимися питателями топливо передается на ленточные конвейеры. Надвиг и откатка вагонов осуществляется локомотивами. Управление механизмами производится со щита разгрузочного устройства.

Дробильного корпуса, оборудованного двумя молотковыми дробилками типа Д20Х20, производительностью по 600 т/ч каждая. Перед дробилками установлены колосниковые решетки для отсева мелких фракций, что позволяет увеличить производительность дробильного корпуса до 820 т/ч.

Склада топлива емкостью 360 000 т, оборудованного конвейерами выдачи топлива на склад и со склада. Выдача топлива на склад производится из дробильного корпуса до дробилок; со склада – наталкиванием угля бульдозерами в загрузочные бункера и далее, с помощью качающихся питателей, конвейерами.

Бульдозерный парк состоит из трех бульдозеров, которые находятся в неудовлетворительном техническом состоянии.

Основного тракта топливоподачи, состоящего из двухниточной системы ленточных конвейеров I и II подъема, при этом одна нитка является резервной. Ширина ленты В = 1400 мм. Предусмотрена возможность одновременной работы обеих ниток.

Тракта топливоподачи в пределах главного корпуса, где производится загрузка бункеров сырого угля с помощью стационарных плужковых сбрасывателей.

Щита управления механизмами тракта топливоподачи, расположенного в пристройке к дробильному корпусу.

Двухпутного размораживающего устройства на 20 вагонов.

Устройства для входного контроля качества поступающего на электростанцию топлива.

Производительность существующего тракта топливоподачи составляет:

- подача в главной корпус из разгрузочного устройства	- 720
т/ч;	
- подача в главный корпус со склада	- 450
т/ч;	
- подача на склад из разгрузочного устройства	- 720
т/ч.	

На ТЭЦ принята трехсменная работа топливно-транспортного цеха.

Краткое описание существующей системы топливоподачи.

Энергетические котлы БКЗ-420-140-7С на ТЭЦ-2 были запроектированы для сжигания промпродукта мокрого обогащения Карагандинского каменного угля, с расходом топлива на котел 51,7 т/ч. Топливное хозяйство было запроектировано под транспортировку данного вида топлива.

В настоящее время основным и резервным топливом для котлоагрегатов ст.№ 1÷8 ТЭЦ-2 является экибастузский каменный уголь марки КСН. Растопочное топливо - топочный мазут марки М-100.

Расход Экибастузского каменного угля на восемь энергетических котлов составляет:

$$74,1 \times 8 = 592,8 \text{ т/ч}$$

Топливо на площадку ТЭЦ-2 поступает железнодорожным транспортом в полувагонах грузоподъемностью 70 т.

Надвиг груженых полувагонов в ротор вагоноопрокидывателей производится локомотивами.

В состав топливного хозяйства входят следующие основные здания и сооружения:

- Тензометрические вагонные весы ВД-30-2-8, для взвешивания в движении поступающих железнодорожных составов с углем и подъездные железнодорожные пути.

- Здание разгрузочного устройства на два роторных четырехопорных вагоноопрокидывателя ВРС-125 и ВРС-134, рассчитанных на разгрузку полувагонов грузоподъемностью до 134 тонн. Компоновка разгрузочного устройства выполнена с перпендикулярным выходом ленточных конвейеров. Под каждым вагоноопрокидывателем установлено по три приемных бункера, перекрытых решетками с ячейкой 350x350 мм. Из приемных бункеров топливо с помощью качающихся питателей подается на ленточные конвейеры первого подъема. Над приемными бункерами каждого вагоноопрокидывателя установлены по три дробильно-фрезерные машины ДФМ-11 для дробления крупных кусков угля. Управление механизмами разгрузочного устройства производится с местного пульта управления вагоноопрокидывателя.

- Здание дробильного устройства с двумя дробилками типа М 20x20Г, производительностью 600 - 800 т/ч каждой, в комплексе со вспомогательным оборудованием и пересыпными коробами. В дробильном корпусе осуществляется пересыпка топлива с конвейеров первого подъема в дробилки, где осуществляется дробление рядового топлива до фракции 0-25 мм, и далее топливо поступает на конвейеры второго подъема. Схемой предусмотрена одновременная работа как двух, так и одной дробилки. Перед каждой дробилкой в пересыпном коробе установлена колосниковая решетка для отсеивания мелкой фракции до 25 мм, которая, минуя дробилки, направляется на конвейеры второго подъема.

- Склад топлива емкостью 360 тыс. тонн, оборудованный ленточными конвейерами выдачи топлива на склад и со склада. Выдача

топлива на склад производится из дробильного корпуса до дробилок конвейерами с шириной ленты 1400 мм. Выдача топлива со склада производится наталкиванием угля бульдозерами в загрузочные бункеры и далее, с помощью качающихся питателей, ленточными конвейерами с шириной ленты 1000 мм в основной тракт топливоподачи.

- Бульдозерный парк состоит из шести бульдозеров.

1. Т-25.01, 405 л/с – 5 шт 2007-2011 г.в.;

2. Т-170, 180 л/с – 1 шт 1996 г.в. – подлежит списанию.

- Основной тракт топливоподачи состоит из двухниточной системы ленточных конвейеров первого и второго подъема, с шириной ленты 1400 мм. Одна нитка ленточных конвейеров рабочая, другая - резервная. Предусмотрена возможность одновременной работы обеих ниток.

- На первом подъеме производится отбор и подготовка проб угля для входного контроля качества. На втором подъеме топливо взвешивается ленточными весами и производится отбор и подготовка проб угля для эксплуатационного контроля качества. Для предохранения дробилок и мельниц на ленточных конвейерах первого и второго подъема установлены электромагнитные сепараторы: шкивные и подвесные.

- Топливоподача в пределах главного корпуса, где производится загрузка бункеров сырого угля с помощью двухсторонних стационарных плужковых сбрасывателей.

- Щит управления механизмами тракта топливоподачи, расположенный в пристройке к дробильному корпусу.

- Размораживающее устройство двухпутное на 20 полувагонов.

Требуемая производительность тракта топливоподачи для топливоснабжения восьми котлоагрегатов Е-420-140-7С с учетом 20% запаса по производительности должна составлять:

- $592,8 \times 1,2 = 711,4$ т/ч

Производительность существующего тракта топливоподачи составляет:

- подача в главный корпус из разгрузочного устройства - 720 т/ч;

- подача в главный корпус со склада - 450 т/ч;

- подача на склад из разгрузочного устройства - 720 т/ч;

Тракт топливоподачи оснащен отоплением, обеспыливающими установками и системой гидроуборки.

Механизмы топливоподающего тракта представляют собой единую поточно-транспортную систему, управление которой производится со щита управления топливоподачи.

Имеются следующие виды управления топливоподающего тракта:

- Автоматическое и дистанционное, местное – для ленточных конвейеров, дробилок и питателей;

- Автоматическое (сблокированное с соответствующими основными механизмами) и местное управление вспомогательными механизмами, металлоулавливающими и аспирационными установками, пробоотборниками.

Для обеспечения надежной и безаварийной работы топливоподающего тракта предусматриваются основные защитные и запретные блокировки:

- от пуска тракта без предупредительной сигнализации;
- от пуска тракта в неправильной последовательности;
- от неправильного положения шиберов или плужкового сбрасывателя на ЛК 2 «А», «Б»;
- при завале пересыпной течи;
- при обрыве или пробуксовке конвейерной ленты;
- при отключении последующего по ходу топлива механизма.

Оборудование топливоподачи в процессе эксплуатации находится в одном из следующих режимов управления:

- автоматическом;
- дистанционное;
- местное.

Основным рабочим режимом является - автоматический. Дистанционное управление используется при отказе технологических защит, в аварийной ситуациях и для перевода в другое положение шиберов. Местное управление используется для прокрутки отдельных механизмов при наладке, ремонте, проверках.

Автоматическое и дистанционное управление механизмами топливоподачи производится со щита управления топливоподачи (ЩУТ) мотористом автоматизированной топливоподачи и слесарем по обслуживанию оборудования топливоподачи.

Для подачи угля на склад, для его штабелирования и хранения на ЛК-2 «А», «Б» установлены плужковые сбрасыватели, посредством которых топливо подается на систему конвейеров, состоящих из ЛК-5/1 и ЛК-5/2 (по одной нитке). На ЛК-5/1, ЛК-5/2 установлены плужковые сбрасыватели для осыпания топлива на штабель.

Для подачи угля со склада предусмотрена система конвейеров 6,7,8,9 (по одной нитке) с приемными бункерами, оборудованными качающими питателями.

Лотки конвейеров 1«А», «Б» и 2«А», «Б» оборудованы аспираторными установками вагоноопрокидывателя, лотки конвейеров 2«А» и 2«Б» в узле пересыпки оборудованы аспирационными установками узла пересыпки №2, лотки конвейеров 3«А», 3«Б» оборудованы аспирационными установками дробильного корпуса. Лотки конвейеров 4«А», 4«Б» оборудованы аспирационными установками башни пересыпки.

В 2011 году была произведена замена и реконструкция аспирационных установок.

Наладка и испытание установок после реконструкции не проводились.

Ленточные конвейера

Таблица 3.2.

№ п/п	Наименование оборудования	Длина конвейера и Производительность, т/ч.	Краткая характеристика	Год установки	Марка Эл.дв-ля
1	ЛК 1 А	18м 1250 т/ч	Катучий 2,15 м/с В=1400 мм	1984	А02-72-5;30кВт
2	ЛК 1Б	18м 1250 т/ч	Катучий 2,15 м/с В=1400мм	1984	А02-72-5;30кВт
3	ЛК 2 А	159,6 м 1250 т/ч	Стационарный 2,29м/с В=1400 мм	1980	ДА30- 400-6 400 кВт.
4	ЛК 2Б	159,6 м 1250 т/ч	Стационарный 2,29м/с В=1400 мм	1980	М1 ВХ-400 250 кВт.
5	ЛК 3 А	184,9 м 900 т/ч	Стационарный 1,66м/с В=1400 мм	1980	ДА30- 304-400 400 кВт.
6	ЛК 3 Б	184,9 м 900 т/ч	Стационарный 1,86 м/с В=1400 мм	1980	А4-400- 1013 250 кВт.
7	ЛК 4 А	250 м 900 т/ч	Стационарный 1,7м/с В=1400 мм	1980	М0280ML 250 кВт.
8	ЛК 4 Б	250 м 900 т.ч.	Стационарный 2,29 м/с В=1400 мм	1980	М0315ML 250 кВт.
9	ЛК 5/1	121 м 1100 т/ч	Стационарный 1,19 м/с В=1400 мм	1984	ДА304- 304 500 кВт.
10	ЛК 5/2	148 м 1100 т/ч	Стационарный 1,19м/с В=1400 мм	1987	ВР250М4 У 132 кВт
11	ЛК 6	256,8 м 450 т/ч	Стационарный 2,29 м/с В=1000 мм	1980	4А28084 110 кВт.
12	ЛК7	145 м. 450 т/ч	Стационарный 1,82м/с В=1000 мм	1984	ВА082-4У 55 кВт.
13	ЛК 8	31,8 м 450 т.ч	Стационарный 1,3 м/с В=1000	1984	4АМР250- S4 75 кВт.

14	ЛК 9	109 м 450 т/ч	Стационарный 1,86 м/с В=1000	1992	
----	------	------------------	---------------------------------	------	--

Анализ состояния оборудования

В настоящее время оборудование топливно-транспортного комплекса АТЭЦ-2 эксплуатируется более 30 лет.

Основной вопрос, которому уделялось при обследовании тракта топливоподачи большое внимание, при разработке данной магистерской – это обеспыливание и взрывобезопасность.

Нормы запыленности не выдерживаются в помещении вагоноопрокидывателей, в дробильном корпусе, на бункерной галерее.

Основное технологическое оборудование, которое используется на топливоподаче – молотковые дробилки М20х20Г, конвейеры ЛК1АБ, 2АБ, 3АБ, 4АБ и узлы пересыпки являются источником пылеобразования. Распространению пыли по галереям топливоподачи способствуют перетоки воздуха в помещениях, вызванные работой оборудования, сквозняками, потоками более холодного воздуха из низких участков галерей в сторону бункерной, отсутствие перегородок, отделяющих узлы пересыпки от галерей.

Наиболее вероятные места возникновения пожара и взрыва топлива на топливоподаче – торцы конвейерных галерей, где расположено основное технологическое и электрическое оборудование. В галереях топливоподачи проложены транзитные и управляющие кабели. Естественная воздушная вентиляция способствует быстрому распространению пыли и возникновения взрыва по всей галерее.

Для обеспечения надежной работы топливоподачи и повышения пожаровзрывобезопасности необходимо указанные проблемы решать комплексным путем – внедрением всех технических и технологических мероприятий, снижающих запыленность воздуха рабочих помещений и исключаящих возгорание угля, которые являются основными причинами возникновения и распространения пожаров и взрывов.

1. Выполнить текущий ремонт течек, узлов пересыпки, приемных лотков с целью устранения неплотностей и ликвидации мест пыления.
2. Смонтировать дренчерные завесы вдоль конвейеров топливоподачи;
3. Автоматизировать работу дренажных насосов по топливоподаче;
4. На ЛК, имеющих скорость ленты свыше 2 м/с, снизить скорость до 1,6-1,8 м/с для предотвращения пылеобразования;

Оросители размещаются таким образом, чтобы обеспечить орошение грузовой и порожняковой ветви конвейеров с учетом перекрытия факелов орошения. Расстояние между оросителями по длине конвейера выбирается расчетом.

Участки конвейеров, примыкающие к приводным станциям, включая разгрузочное устройство, защищаются парообеспыливающим устройством (рис. 3.6.).



Рис. 3.6. Впрыск парообеспыливания в узел пересыпки

Таблица 3.3.

Топливо-транспортный цех		
Наименование ст.№	Тип марка	Техническая характеристика
Вагоноопрокидыватель	ВРС-134, ВРС-125	Угол поворота ротора 170-175град. Эл.дв.МТН-612-

		10У2, 60кВт (2шт) Редуктор ЦДН-630 (2шт) Тормозное устройство ТКГ-400 (4шт) Время опрокидывания 63-75 сек
Молотковая дробилка	МД-20х20	Производительность: 600-800т/ч Эл.дв. ДАЗО15-69-10 800кВт (2шт), 595 об/мин
Дробильно фрезерные машины	ДФМ-11А ДФМ-11	Эл.дв. хода 4АС160S6У32, 12кВт (3шт) Эл.дв. фрезы ВР-280М-8У2, 75кВт Редуктор Ц2У-250
Качающие питатели	КЛ-12	Производительность: 570 м ³ /ч Эл.дв. ВР160-S4,15кВт Редуктор Ц2У250
Аспирационные установки (9шт)		
АУ	Вентилятор ЦП7-40 №6	Циклон ЦВП-6 Производительность 6тыс.м ³ /час (отсос) Эл.дв. АО2-71-4; 15-17кВт
АУ	Вентилятор ЦП7-40 №8	Циклон ЦВП-8 Производительность 9тыс.м ³ /час (отсос) Эл.дв. АО2-72-4, 30кВт
АУ	Вентилятор ЦП7-40 №5	Циклон ЦВП-6 Производительность 6тыс.м ³ /час (отсос) Эл.дв. АО2-62-4; 15кВт
Бульдозеры		
Бульдозеры	Т-330	Тяговый класс 35. Дв-ль марки 8ДВТ330 Уд.расход топлива 180гр./л.с.ч
Бульдозеры	Т-170	Тяговый класс 10. Дв-ль марки Д160 Уд.расход топлива 165гр./л.с.ч
Тепловозы	ТГМ6А	Мощность по дизелю 883кВт Сила тяги 137кН при 14км/ч Дизель марки 8УН26/26 Уд.расход топлива 214г/кВт/ч
Железнодорожный кран	КДЭ-161	Грузоподъёмность 16т; V=самоходом 10,4 км/ч, V=состава поезда 60км/ч

Размораживающее устр-во	Двухпутно тупиковый	Вместимость по 10 ваг на путь Степняка= 159,3м тразогрева=2,5 часа $P_{пара}=2-2,5$ кгс/см ² $t=250^{\circ}C$. Расширитель ТКЗ
Мостовой кран место установки в/о А,Б.	УП 20/5-5К Регистрационные № П-85-2754	Грузоподъёмность: главный подъём 20т, вспом-й подъём 5т Эл.дв.: гл.подъём МТКФ 211-6, N=11 кВт; вспом. подъём N=7,5 кВт; передвижение 2,2кВт передвижение крана 3,5 кВт
Железнодорожные тензометрические весы	1959 ТС-200В	Приобразователь аналогоцифровой тип Ф2433/1-2 Время установления рабочего режима 30мин Потребляемая N=150ВА
Грузоподъёмные механизмы		
Электро тельферы	ТЭ 320, ТЛО 362.	Грузоподъёмность 2; 3,2т Диаметр каната 13,5мм Лканата=18-39,6 м эл.дв-ли подъёма N=3-5кВт; эл.дв/ передвижения 0,25-0,4кВт
Кран балки	АСВ-2-51	Грузоподъёмность 3,2; 8тн Диаметр каната 13,5-17,5мм Лканата= 18-20м эл.дв. подъёма N=5-8,4кВт Мощность эл. дв передвижения 0,4кВт
Козловой кран	ТЭ320	Грузоподъёмность 3,2тн Диаметр каната 13,5мм Лканата= 15,6м эл.дв. подъёма N=5кВт эл.дв. передвижения N=0,4кВт
Лебёдки	ЛМ-3,2	Тип тормоза ТКГ-200 Эл.дв-ли МТКФ N=11-15кВт Диаметр каната 14-16мм
Металлоуловители		
Магнитный сепаратор Шкивной магнит	EMR1250/1600	Ном. раб. ток 22А Раб. напряжение пост. тока 220В +/-10%, возбуждение электромагнита N=9,7кВт

Передвижной железотделитель ЭПР-120	ПС-160	Напряжение сети пост.тока 220(или 110) В Потребляемая N=6кВт эл.дв. привода N=5,5кВт, 1500об/мин Глубина зоны извлечения 350-400мм Масса извлекаемых предметов до15кг
Сепаратор электромагнитный подвесной	ЭП-1 М	Напряжение сети постоянного тока 220(или 110)В Потребляемая N=3кВт Глубина зоны извлечения 400-500мм Масса извлекаемых предметов до 15кг
Эстакада мазутослива		Длина 98м Фронт слива 7 цистерн Рпара=8-13кг /см ² t=200-250 ⁰ С
Весы конвейерные	4504 ВКУ140-1	Масса взвешиваемого материала от 0,5-3,5т/м ³ Размер кусков <200мм Влажность не более 30% Предел допускаемой погрешности +/-1% Потребляемая N=50ВА
Проборазделочная машина	МПЛ-150	Производительность до 2т/час Максимальная крупность исходного топлива 150мм Общая Nэл.дв=11,2кВт Число приготовленных лабораторных проб -3шт
Автоматический пробоотборник	АО2-ВТИ	Мощность топливопотока 800-2500т/ч Крупность кусков топлива при котором обеспечивается отбор 60мм Ширина раскрытия отбирающего элемента 10мм Nэл.дв. ударного механизма 0,18-0,37 кВт Число отбирающих элементов -2шт

4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ И ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ НА УЗЛАХ ПЕРЕСЫПКИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ТОПЛИВОПОДАЧИ

Оценим пылеулавливающую способность пенных пузырьков

Эффективность улавливания пылинок пенным потоком определяется интенсивностью разрушения пены, попадающей в неё пылью. Проведем анализ уравнения разрушения пены объемом от наиболее существенных факторов воздействия. Функциональная зависимость может быть представлена в виде:

$$V_{\text{п}}^{\text{р}} = f(N_{\text{п}}; F_{\text{п}}; \delta_{\text{пл}}; R_{\text{пуз}}; K_{\text{п}}; W_{\text{в}}; \Gamma_{\text{ж.т.}}; \vartheta_{\text{с}}; I_{\text{ч}}), \quad (4.1.)$$

)

где $N_{\text{п}}$ – высота пенного слоя;

$F_{\text{п}}$ – поверхность пены;

$\delta_{\text{пл}}$ – толщина пленки;

$R_{\text{пуз}}$ – радиус пузырька пены;

$K_{\text{п}}$ – кратность пены;

$W_{\text{в}}$ – работа внедрения пылинки;

$\Gamma_{\text{жт}}$ – функция Гиббса;

$\vartheta_{\text{с}}$ – скорость синерезиса;

$I_{\text{ч}}$ – интенсивность поступления пыли.

Процесс разрушения пены пылью будет протекать с минимальной скоростью в том случае, когда поверхность пены $F_{\text{п}}$ при данном объеме $V_{\text{п}}$ или высоте $N_{\text{п}}$ пенного слоя (лучше минимальной) будет наибольшей. Это может быть достигнуто при организации барботажного процесса пенообразования, либо при образовании пенных пузырьков маленького размера. Несмотря на то, что пузырьки меньшего размера разрушаются частичками пыли быстрее, чем крупные, но поскольку их количество значительно больше в объеме пены, то разрушение пузыря вызовет меньшее разрушение всего объема пены и количество пыли, попадающее на всю поверхность пены, будет больше, а, следовательно, повысится вероятность осаждения частиц пыли.

К тому же основным критерием изолирующей способности пены является величина:

$$\frac{PR_{\text{пуз}}}{2\sigma}, \quad (4.2.)$$

где P – давление потока.

Наибольшая эффективность будет иметь место при минимальном значении данного выражения. Поскольку общей тенденцией является снижение коэффициента поверхностного натяжения σ , а поверхностноактивные вещества с высоким значением этого коэффициента,

как правило, плохо смачивают подавляющее большинство пылей, то определяющей величиной явится начальный размер пузыря пены $R_{\text{пуз}}$.

Особо отметим, что уменьшать размер пузыря пены следует до некоторых разумных пределов, поскольку в соответствии с выражением:

$$K_{\text{п}} = \frac{R_{\text{пуз}}}{3\delta_{\text{пл}}}, \quad (4.3.)$$

требуемое увеличение кратности пены повлечет за собой уменьшение толщины пленок жидкости $\delta_{\text{пл}}$, формирующих пузырь. Это приведет к снижению устойчивости плёнок, увеличится количество пены, разрушаемой пылью, хотя сохранит расход пенообразующего раствора и затраты на его приготовление и транспорт.

Произведенный анализ влияния геометрических характеристик пены на интенсивность процесса ее разрушения пылью показывает на целесообразность перехода к новой организации гидродинамики пенообразующего раствора [34, 36, 50, 51, 52], что позволит повысить устойчивость пенного слоя при суммарном действующем напоре, определенном нами экспериментально.

Отметим ещё одно положительное явление, связанное с уменьшением размера пузыря. Действительно, согласно уравнению Лапласа, начнет возрастать давление внутри пузыря, появится тенденция к сжатию пленок жидкости $\delta_{\text{пл}}$, облегающих пузырь, что позволит свести к минимуму вредное явление синерезиса, которое главным образом определяется толщиной пленки жидкости $\delta_{\text{пл}}$ и ее вязкостью $\mu_{\text{ж}}$.

Таким образом, скорость синерезиса пены $\vartheta_{\text{с}}$ может быть сведена к минимуму не только за счет улучшения теплофизических характеристик.

Анализ геометрических характеристик процесса пенообразования $N_{\text{п}}$, $F_{\text{п}}$, $\delta_{\text{пл}}$, $R_{\text{пуз}}$ показывает на существование оптимальной величины кратности пены $K_{\text{п}}$ в процессе пылеподавления и пылеулавливания. В тоже время величина $K_{\text{п}}$ определяется процессами гидродинамики пенообразующего раствора, газодинамики воздушного потока, скоростью синерезиса, адсорбцией жидкости на поверхности пленок, интенсивностью поступления пыли и энергетической характеристикой по внедрению пылинки в слой пены.

В уравнении (1) функция Гибба определяется как адсорбция молекул ПАВ на поверхности частиц, которая должна быть минимальной:

$$\Gamma_{\text{ж.т.}} = \frac{R_{\text{пуз}}^2 \cdot \delta_{\text{пл}} \cdot \Delta C}{r^2 \cdot n}, \quad \text{кг/м}^2, \quad (4.4.)$$

где ΔC – перепад концентрации адсорбирующихся компонентов поверхностно-активных веществ и частиц пыли;

n – число пылинок;

r – радиус частицы.

На основе исследований тепломассобмена по интегральным и термогидравлическим характеристикам кипения чистых жидкостей [53 - 57] произведено обобщение опытных данных для пенных, барботажных,

псевдожиженных, транспирационных процессов с точностью $\pm 20\%$. По критериальному уравнению можно рассчитывать коэффициенты теплообмена, массообмена и плотность орошения многофазных потоков.

Для реализации описанных процессов разработаны высокоэффективные барботажные пеногенераторы с турбулизирующими капиллярно-пористыми перегородками (структурами). Генерация пены производится в испарителях. Установлено, что размер отверстий перегородки не должен превышать 1×10^{-3} м для генерации мелкоячеистой паромеханической пены в случае истечения пара отдельными пузырьками.

Толщина паровой подушки для пенообразующего раствора составит 14×10^{-3} м, а при истечении пара сплошной струей – 22×10^{-3} м [58].

Таким образом, исследования показали, что управлять устойчивостью барботажного процесса можно за счет измерения проницаемой перегородки турбулизирующей капиллярно-пористой структурой оптимизированного вида.

На рис. 3.7. представлен пеногенератор с нагревательным элементом, в котором генерация пены производится в капиллярно-пористом турбулизаторе вида $0,08 \times 0,14 \times 1$, причём выдувание пены происходит также без форсунок и без энергии набегающего потока пара (воздуха).

В предложенном форсированном пеногенераторе в 1,6 раза уменьшается масса установки. Затраты энергии на генерацию сокращаются в 2,3 раза, а гидравлические сопротивления уменьшаются в десятки раз по сравнению с традиционными форсуночными пеногенераторами.

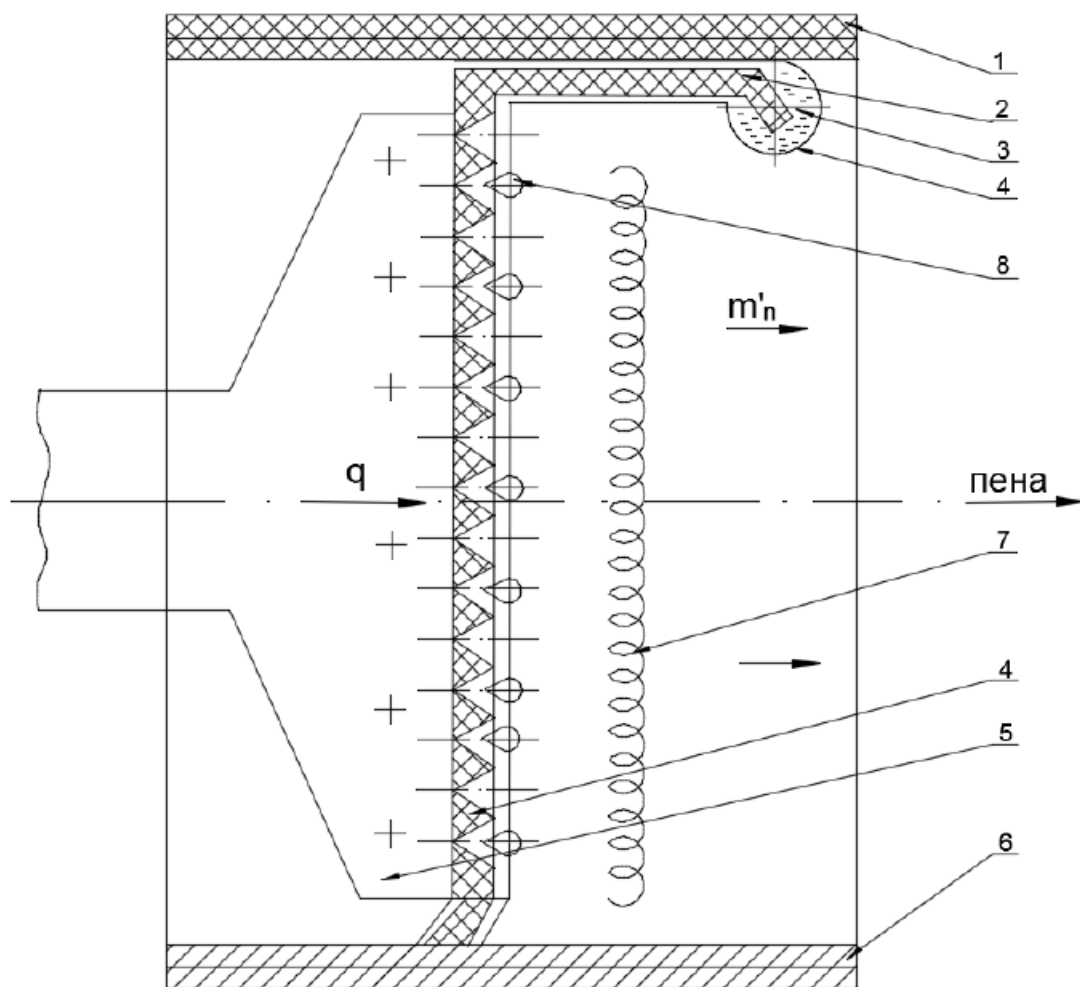


Рисунок 3.7. – Капиллярно-пористый пеногенератор паромеханической пены с нагревательным элементом

1 – корпус; 2 – капиллярно-пористая структура; 3 – пенообразующий раствор; 4 – капиллярно-пористый турбулизатор вида $0,08 \times 0,14 \times 1$; 5 – электрод; 6 – тепло-электроизоляция; 7 – паромеханическая пена; 8 – паровые пузыри; 9 – распылитель в виде трубчатого кольца со щелью

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЦЕССА ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ПЕНОЙ УЗЛОВ ПЕРЕСЫПКИ ТРАКТА ТОПЛИВОПОДАЧИ

Для успешного внедрения пенного способа борьбы с пылью и реализации его оптимальных технологических параметров были рассмотрены интенсивность пылевыведения в местах пылеобразования и технологические характеристики пеногенераторных установок и было

оформлено рационализаторское предложение, с целью обеспечения финансирования, описание которого изложено ниже.

В узлах пересыпки предполагается установка двух источников пены: один - в стволе пересыпки с верхней на нижнюю ленту и второй - на слой угля, движущийся на ленточном конвейере. Для пеногенераторов необходимо задействовать дополнительную автоматику их включения (отключения) в зависимости от работы конвейера.

Лотки конвейеров 3«А», 3«Б» оборудованы аспирационными установками дробильного корпуса. Лотки конвейеров 4«А», 4«Б» оборудованы аспирационными установками башни пересыпки. Распространению пыли по галереям топливоподачи способствуют перетоки воздуха в помещениях, вызванные работой оборудования, сквозняками, потоками более холодного воздуха из низких участков галерей в сторону бункерной, отсутствие перегородок, отделяющих узлы пересыпки от галерей. На этих узлах пересыпки были проведены замеры запыленности в рабочей зоне, с целью сравнения текущего состояния запыленности и после внедрения пенного способа.

Были выполнены 4 измерения (опыта):

1. При работающей топливоподаче и отключенной аспирации – отбор воздуха с рабочей зоны
2. При работающей топливоподаче и отключенной аспирации отбор воздуха за респиратором типа «Sparta»
3. При работающей топливоподаче и включенной аспирации отбор воздуха с рабочей зоны
4. При остановленной топливоподаче отбор воздуха с рабочей зоны

При замерах использовались:

- «Аспиратор ПУ – 3Э/220 производства ЗАО «Химко»,
- весы электронные «ВЛ-210»;
- бумажные фильтры типа АФА ВП 20,
- для оценки эффективности по защите дыхательных путей человека проверялась запыленность за респиратором типа «Sparta»

Результаты замеров и расчётов запыленности по каждому из 12 фильтров по 4 опытам приведены в таблице 5.1.

Описание рационализаторского предложения пенного способа борьбы с пылью

Зарегистрировано

№ 16/18 от 20.08 2018 г.
Г.О. АО «АлЭС»

Заместителю Председателя
Правления по производству –
Главному инженеру АО «АлЭС»
Исмухамбетову Г.Ж.

Фамилия, имя, отчество автора (соавторов)	Место работы	Должность	Образование	Год рождения
1	2	3	4	5
Галиев Р.А.	АлЭС	Зам гл инженера	высшее	1958
Таянов А.С.	ТЭЦ-2	Главный инженер	высшее	1958
Генин В.М.	АлЭС	Глав. специалист	высшее	1957
Калиев Б.Б.	ТЭЦ-2	нач ЦНИПД	высшее	1982
Олжабаев М.С.	ТЭЦ-2	Зам нач ЦНИПД	высшее	1985

ЗАЯВЛЕНИЕ

на рационализаторское предложение

Просим рассмотреть предложение под наименованием:

Оснащение узлов пересыпки тракта топливоподдачи ТЭЦ-2 высокоэффективными системами пылеподавления на основе применения пены из пеногенераторов

(краткое наименование рационализаторского предложения)

признать его рационализаторским, принять к использованию и выдать удостоверение на рационализаторское предложение.

ОПИСАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

(писать разборчиво, без исправления)

Предлагаем изменить технологию пылеподавления на узлах пересыпки по тракту топливоподдачи ТТЦ ТЭЦ-2 дополнив существующие проектные системы аспирации на основе сухого пылеудаления системой с использованием гидродинамического метода с применением пены (пенным способом). Подробное описание предложения приведено в приложении 1.

Я (мы) утверждаю(ем), что действительно являюсь(емся) авторами (соавторами) данного предложения и в соответствии с творческим участием каждым из соавторов заключается следующее соглашение:

СОГЛАШЕНИЕ

о распределении вознаграждения (%) за использование рационализаторского предложения № _____ от _____

№ п/п	Ф. И. О. соавторов	% вознаграждения	Подпись	Дата
1.	Галиев Р.А.	20		20.08.2018
2.	Таянов А.С.	20		20.08.2018
3.	Генин В.М.	20		20.08.2018
4.	Калиев Б.Б.	20		20.08.2018
5.	Олжабаев М.С.	20		20.08.2018

Прилагаются к заявлению:

- 1) Описание рационализаторского предложения на 3 листах.
- 2) Графические материалы (эскизы, чертежи, схемы, фотографии, графики и т.п.) на 2 листах.
- 3) Техничко-экономические расчеты, обоснования и т. п. на 1 листах.
- 4) Прочие материалы на _____ листах.

Всего на 11 листах.

Автор (соавторы)

Галиев Р.А.
Генин В.М.
Таянов А.С.
Калиев Б.Б.
Олжабаев М.С.

(Ф.И.О., подписи)

" 20 " 08 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ПРЕДЛОЖЕНИЮ

И.О. начальник ТТЦ

Данное рационализаторское предложение является актуальным, в части улучшения условия труда персонала. Снижения запыленности в галереях тракта топливоподачи улучшает условия работы вращающихся механизмов и увеличит срок службы.

И.О. начальника ТТЦ Таштахметов Б.К. _____
(должность, Ф.И.О., подписи)



" 20 " 08 2018 г.

Описание рационализаторского предложения

«Оснащение узлов пересыпки тракта топливоподачи ТЭЦ-2 высокоэффективными системами пылеподавления на основе применения пены из пеногенераторов»

Существующая в настоящее время система аспирации была рассчитана на подачу проектного топлива - Карагандинского промежуточного продукта после мокрого обогащения с остаточной влажностью 8 %. Соответственно, увлажненный уголь при его транспортировке был меньше подвержен переходу пыли во взвешенное состояние.

Поставляемый в данное время уголь с Экибастузского угольного бассейна добывается открытым способом и поступает в сухом раздробленном состоянии с влажностью 3-5 %. При транспортировке на конвейерных лентах и в узлах пересыпки пыление угля увеличилось значительно. Существующие аспирационные системы недостаточно эффективны и поэтому при его транспорте по тракту топливоподачи ТТЦ в рабочей зоне создается высокая концентрация пыли в воздухе.

При транспортировке воздушного сухого угля пылеотложение на каждые 1000 т угля составляет более 30 г/м². Степень запыленности воздуха при этом превышает допустимые нормы и достигает концентраций в тысячи мг на м³.

Отрицательное воздействие повышенной запыленности проявляется в следующем:

1. Как вредный и опасный производственный фактор воздействует на органы дыхания обслуживающего персонала и может привести к развитию тяжелых заболеваний верхних дыхательных путей, хронического бронхита и т.д.
2. Приводит к увеличению затрат на ремонт оборудования тракта топливоподачи из-за преждевременного выхода из строя вращающегося оборудования: электродвигателей, редукторов, катков ленточных конвейеров, подшипников механизмов и т.д.
3. Во избежание возгорания пылевых наносов увеличивается потребление воды на ежедневные гидравлические уборки конвейерных галерей тракта топливоподачи.

ТТЦ самостоятельно делались попытки организации более эффективных средств пылеподавления путем применения гидрообеспыливания: различных видов орошения, водяных и туманообразующих завес, что приводило к перерасходу воды и дополнительному усложнению эксплуатации оборудования узлов пересыпки, конвейеров, залипанию угля в БСУ и в настоящее время они не нашли практического применения.

Внедрение пенного способа борьбы с пылью обеспечит наибольшую степень диспергирования и минимальный расход жидкости.

Пенный способ пылеподавления используется на угледобывающих предприятиях России (Ростовская область, Кузбасс)

Для успешного внедрения пенного способа борьбы с пылью и реализации его оптимальных технологических параметров были рассмотрены интенсивность пылевыведения в местах пылеобразования и технологические характеристики пеногенераторных установок.

В узлах пересыпки предполагается установка двух источников пены: один - в стволе пересыпки с верхней на нижнюю ленту и второй - на слой угля, движущийся на ленточном конвейере.

На телескопических трубах выгрузки угля на открытый склад планируется установка пеногенераторов в нижней части труб, в непосредственной близости высыпания угля на штабель.

Для пеногенераторов возможно задействовать дополнительную автоматику их включения (отключения) в зависимости от работы конвейера.

Принципиальная схема использования пеногенератора приведена в приложении 2 на рисунке 3.

В качестве примера приведено видеоролик работы пеногенератора при транспорте угля

Краткое техническое описание пеногенератора

В пеногенераторе (рис.1.) в целях повышения производительности, а также упрощения конструкции распылитель выполнен в виде трубчатого кольца со щелью, расположенной в плоскости перпендикулярной к оси пакета сеток.

При использовании пеногенератора раствор ПАВ подводится по трубчатому кольцу к торцевой поверхности пенообразующего пакета сеток и равномерно распределяется по их ячейкам за счет совместного действия массового и капиллярного потенциалов. В корпусе подается поток воздуха, необходимый для выдувания из ячеек сеток пузырьков пены. Комбинированное использование массовых и капиллярных сил обеспечивает создание как равномерного, так и устойчивого распределения пленки пенообразующего раствора по всей поверхности сеток

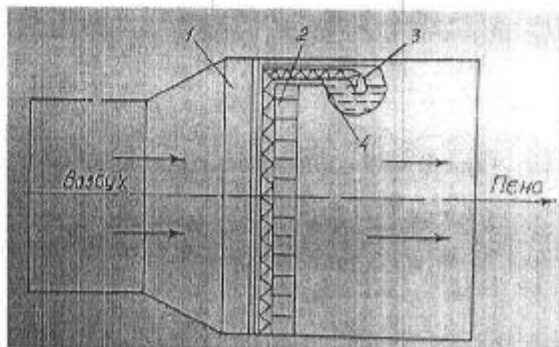


рис.1. Схема пеногенератора: 1 — корпус; 2 — пакет сеток; 3 — распылитель
4 — трубчатое кольцо

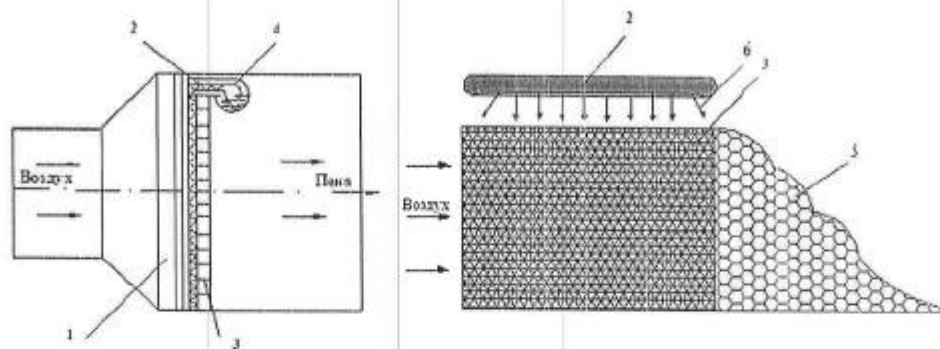


Рисунок 2 – Схема пеногенератора:

1 – корпус; 2 – трубчатое кольцо; 3 – пакет сеток; 4 – распылитель; 5 – пена; 6 – раствор пенообразователя

Расчет экономического эффекта от внедрения рационализаторского предложения на ТПЦ ТЭЦ-2 будет представлен по результатам внедрения.

Экономический эффект ожидается за счет увеличения продолжительности работы оборудования без ремонта, сокращения расхода воды на гидравлические уборки и снижения трудоемкости работ при использовании пеногенератора.

Кроме того, использование щелочного пенообразователя приведет к улучшению связывания окислов серы с водой в эмульгаторах, что позволит снизить на небольшую величину их содержание в дымовых газах за котлами.

Социальный эффект, который отражается на здоровье обслуживающего персонала, бесспорен и его результаты будут предоставлены одновременно с внедрением рацпредложения прямыми замерами запыленности воздуха до и после внедрения.

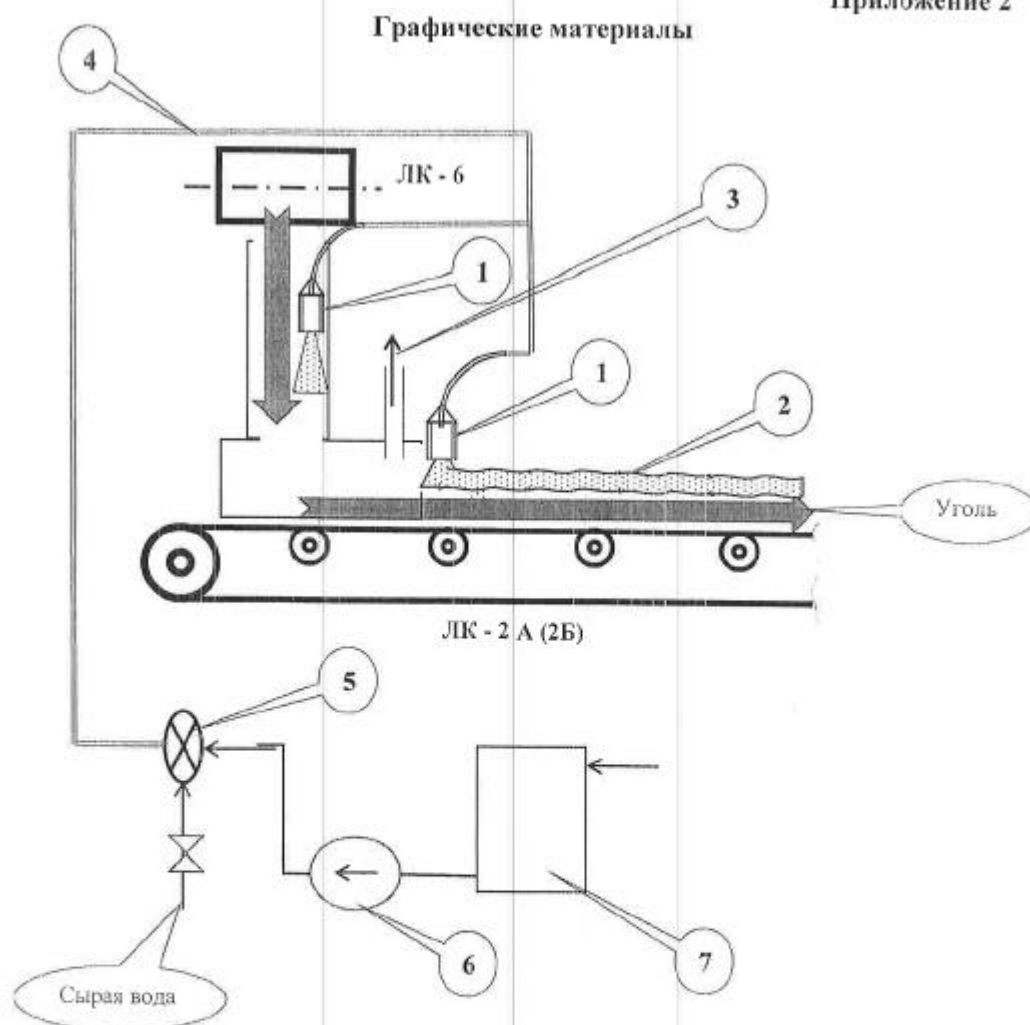


Рисунок 3. Узел пересыпки с 6 на 2 конвейер с местами установки пеногенераторов и узлом подготовки раствора

где:

1. - генератор пенного аэрозоля с подачей воздуха от разводки компрессорного воздуха
2. - слой пены
3. - отсос на существующую аспирацию
4. - трубопровод от узла подготовки раствора
5. - дозатор рабочего раствора
6. - насос-эжектор от давления сырой воды
7. - бак дозатор пенообразователя

Приложение 3 (продолжение)
УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Председателя
Правления по производству
Главный инженер АО «АлЭС»

_____ Исмуханбетов Г.Ж.
(подпись)

«___» _____ 20___ г.

РАСЧЕТ-ОБОСНОВАНИЕ

размера вознаграждения за рационализаторское
предложение, не создающее экономии

Регистрационный номер 16/18

Наименование предложение и его краткое описание

«Оснащение узлов пересыпки тракта топливоподдачи ТЭЦ-2 высокоэффективными системами пылеподавления на основе применения пены из пеногенераторов»

Ф.И.О. автора (соавторов)

Галиев Р.А.

Таянов А.С.

Генин В.М.

Калиев Б.Б.

Олжабаев М.С.

1. Коэффициент достигнутого положительного эффекта K1 устанавливается равным 2, так как улучшение основных технических характеристик, являющихся определяющими для эффективной работы тракта топливоподдачи ТЭЦ-2

2. Коэффициент объема использования предложения K2 устанавливается равным 4, так как данное предложение может использоваться в нескольких департаментах (ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3)


В результате вознаграждение за использование предложения составляет:

$B = K1 \times K2 \times 4 \times \text{МРП} = 2 \times 4 \times 4 \times 2\ 405 \text{ тенге} = 76\ 960 \text{ тенге}$

где МРП – минимальный расчетный показатель, установленный в Республике Казахстан.


Итого вознаграждение 76 960 (семьдесят шесть тысяч девятьсот шестьдесят) тенге

(сумма вознаграждения цифрами и прописью)

Заместитель Главного инженера АО «АлЭС»  Шмелев В.Г.

Начальник ТУ АО «АлЭС»  Керимкулов К.К.

Начальник УЭиР *В. В. Власов* Скрябин А.Ю.

Начальник УЭ  Сабыркульова А.Б.

" ___ " _____ 20 ___ г.

Расчет затрат на эксплуатацию системы пылеподавления

1	Скорость ленты	м/с	1,5
2	Ширина ленты	м	1,2
3	Высота слоя пены	м	0,04
4	Объем пены в секунду	м3/с	0,072
5	Объем пены в час	м3/ч	259,2
6	Кратность пены		800
7	Концентрация пенообразователя	%	1,50%
8	Объем раствора	м3/ч	0,324
9	Объем пенообразователя	м3/ч	0,00486
10	Объем воды	т/ч	0,31914
11	Производительность конвейера	т/ч	1 000
12	Число часов работы в год	ч	2 200
13	Всего потребность пенообразователя год	м3/год	10,692
14	Плотность пенопреобразователя	кг/м3	1200
15	Вес пенопреобразователя в год	т/год	12,8304
16	Цена пенообразователя	тенге/т	20 000
17	Затраты на пенообразователь в год	тыс. тенге/год	256,61
18	Всего потребность в воде, год	м3/год	702
19	Стоимость воды	тенге/м3	136,37
20	Затраты на воду	тыс. тенге/год	95,75
21	Всего годовые затраты на пеноподавление	тыс. тенге/год	352,35

Расчет выполнил Галиев Р.А. к Протоколу от 11 сентября 2018г.



Расчет затрат

на изготовление и монтаж узла пеногенератора по рационализаторскому предложению № 16/18

Согласно сведений, полученных из интернета стоимость аналогичного пеногенератора заводского изготовления по ценам России мощностью 500 литров пены в минуту составляет 76 тыс. рублей или 76 тыс. р. х 2 х 5 = 760 тыс. тенге где $K_1=2$ - коэффициент учитывающий увеличение мощности пеногенератора до требуемой на конвейер (2 500 литров в минуту) $K_2 = 5$ - коэффициент перевода рублей в тенге (сайт <http://hardstones.ru/penogenerator-dlya-penobetona.html>)

Изготовление пенообразователя будет выполняться силами ПРП хоз. способом. В работы входит:

1. В качестве насоса изготавливается эжектор, работающий от давления сырой воды 5-6 ата.
2. Изготавливаются форсунки для распыла раствора, которые создают пену
3. Приобретение емкости для пенообразователя - 1-2 куб (полиэтиленовую)
4. Подключение воздуха использовать от стационарной разводки от компрессорного воздуха
5. Подключение воды - от коллектора пожарной сырой воды.

Общая стоимость затрат составит ориентировочно 250 тыс. тенге, в том числе

стоимость материалов - 150 тыс. тенге

стоимость зарплаты - 100 тыс. тенге

Расчет составил:

Гл. специалист службы экологии

В.М. Генин

Расчет проверил:

Зам. главного инженера АО «АлЭС»

Р.А. Галиев

Согласовано:

Начальник ТУ АО «АлЭС»

Керимкулов К.К.

Начальник УЭиР

Скрябин А.Ю.

Начальник УЭ

Сабыркулова А.Б.

Таблица 5.1 Результаты замеров и расчетов запыленности

Отдел/Фонд, помещение	№ опыта	№ фильтра	Время отбора пробы, мин	Показания анемометра «До»	Показания анемометра «После»	Объем пробы за опыт V, усл. Ед.	Масса фильтра конечная Mкон, г	Масса фильтра начальная Mнач, г	Изменение массы фильтра ΔM, г	Объем воздуха замерный Vзам, м ³	Объем воздуха приведенный Vприв, м ³	Масса пыли Mпыл, мг	Запыленность воздуха C, мг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	6	7	8			9	10
-	-	Контроль 1	-	-		-	0,049	0,045	0,0033	-	-	ΔMконтр=0,002	
-	-	Контроль 2	-	-		-	0,051	0,050	0,0007	-	-		
ТЭЦ 2 Узел пере-сыпки и с ЛК3 на ЛК4 ТТЦ	1	3	5	2498	2835	112,3	0,062	0,046	0,016	0,436	0,417	16,3	39,080
		4	5			112,3	0,065	0,049	0,015	0,436	0,417	15,3	36,683
		5	5			112,3	0,073	0,057	0,015	0,436	0,417	15,7	37,642
	2	6	5	2835	3205	123,3	0,056	0,053	0,003	0,479	0,458	3,1	6,769
		7	5			123,3	0,052	0,048	0,003	0,479	0,458	3,8	8,298
		8	5			123,3	0,051	0,047	0,003	0,479	0,458	3,9	8,516
	3	9	5	3205	3618	137,6	0,073	0,051	0,022	0,535	0,511	22,3	43,635
		10	5			137,6	0,073	0,050	0,023	0,535	0,511	23,1	45,201
		11	5			137,6	0,070	0,044	0,026	0,535	0,511	26,5	51,854
	4	12	10	3618	4519	300,3	0,064	0,048	0,016	1,168	1,115	16,0	14,346
13		10	300,3			0,066	0,049	0,016	1,168	1,115	16,9	15,152	
14		10	300,3			0,063	0,046	0,017	1,168	1,115	17,2	15,421	

Усредненные по каждому опыту данные по результатам замеров запыленности в рабочей зоне ТТЦ и фактическое количество пыли, прошедшее через респиратор приведены в таблице 5.2

Таблица 5.2 Усредненный результат замеров запыленности в рабочей зоне при разных режимах и за респиратором типа «Sparta»

Номер опыта	Режим работы оборудования при отборе воздуха в рабочей зоне	Запыленность мг/м ³
1	При работающей топливоподаче и отключенной аспирации	37,80
2	При работающей топливоподаче и отключенной аспирации через респиратор типа «Sparta»	7,86
3	При работающей топливоподаче и включенной аспирации	45,90
4	При остановленном тракте топливоподачи	14,97

Пояснения к таблице 5.2:

1. Запыленность в 3 опыте при работающем тракте топливоподачи возросла, несмотря на включение аспирации. Это произошло в следствии того, что во время замеров закончилась выгрузка влажного угля с вагонов и началась подача более сухого угля со склада ТЭЦ-2. Из этого можно сделать вывод о сильном влиянии влажности угля на процесс пылеобразования, даже на один процент.

2. Фактический процент проникновения пыли через респиратор составил – 21 % ($7,06 \text{ мг/м}^3 / 33,96 \text{ мг/м}^3 = 0,21$). Что соответствует степени защиты - FFP1 по классификации фильтрующих противоаэрозольных полумасок ГОСТ Р 12.4.191-99.

Это 1-я степень защиты, используется при запыленности до 4 ПДК.

Как видно из эксперимента, технические проектные решения не позволяют достичь нормативных значений концентрации пыли в воздухе рабочей зоны на узлах пересыпки ($\text{ПДК}_{\text{рз}}$ или $\text{ПДК}_{\text{мр(св)}}$), поэтому персоналу необходимо пользоваться респиратором типа «Sparta».

Анализ и сравнение измеренных значений концентрации пыли $C_{\text{ф}}$ изменялась в пределах от $45,9 \text{ мг/м}^3$ при работающей системе аспирации, до $14,97 \text{ мг/м}^3$ при остановленном тракте топливоподачи с нормативными значениями показали, что во всех точках замеров наблюдается превышение $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 10 \text{ мг/м}^3$, в том числе и фоновое значение = $14,97 \text{ мг/м}^3$ при остановленном тракте топливоподачи.

При эффективности пылеподавления пеной 99,5% могут быть достигнуты концентрации пыли в воздухе рабочей зоны $C_{\text{ф}} = 0,46 \text{ мг/м}^3$, что значительно ниже $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 10 \text{ мг/м}^3$.

Таким образом из материалов данной диссертационной работы видно, что внедрение предлагаемой технологической схемы высокоэффективной и

энергетически экономичной системы пылеподавления пеной позволит реализовать процесс пылеподавления с максимальной эффективностью и энергетической экономичностью, обеспечивая санитарно-гигиенический эффект за счёт снижения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны до уровня *ПДК*, экологический эффект за счёт обеспечения *ПДК_{гр}* этих видов пыли в воздушном бассейне промплощадки ТЭЦ и социально-экономический эффект за счёт снижения заболеваемости работников предприятия и населения прилегающих территорий, так как ТЭЦ находится в черте города.

Заключение

Пенный способ улавливания пыли широко применяется в различных областях народного хозяйства для очистки вентиляционных и технологических выбросов: в энергетике, металлургии, химии, горнорудной промышленности. Основным его достоинством является высокая эффективность улавливания пылинок мелких фракций, особенно опасных для здоровья человека.

В предложенном форсированном пеногенераторе в 1,6 раза уменьшается масса установки. Затраты энергии на генерацию сокращаются в 2,3 раза, а гидравлические сопротивления уменьшаются в десятки раз по сравнению с традиционными форсуночными пеногенераторами.

Список литературы

1. Воздействие взвешенных частиц на здоровье // Всемирная организация здравоохранения. 2013. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0007/189052/Health-effects-of-particulate-matter-final-Rus.pdf(дата 28.03.2016).
2. Директива № 2008/50/ЕС Европейского парламента и Совета о качестве атмосферного воздуха и мерах его очистки. Европейский союз [Электронный ресурс]. - Страсбург, 21 мая 2008. - URL: <https://www.lawmix.ru/abrolaw/3063> (дата обращения: 18.10.2016).
3. Environmental Protection Agency. National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final rule [Электронный ресурс] // Federal Register. - 2006. - Vol. 71. - 94 p. - URL: <https://www3.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/pm25/pt535806.pdf> (дата обращения: 18.10.2016).
4. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. (WHO/SDE/PHE/0EH/06.02) [Электронный ресурс] // World Health Organization. - 2006. - 22 p. - URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_0EH_06.02_eng.pdf (дата обращения: 22.10.2016).
5. Гигиенические нормативы к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах. Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 168.
6. Влияние пыли на здоровье человека. URL: <http://biofile.ru/bio/22291.html> (дата обращения: 12.07.2016).
7. Лившиц М.Н. «Электронно-ионная очистка воздуха от пыли в промышленности строительных материалов». М.: Стройиздат, 1968. с. 7 – 38
8. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. М.: Высшая школа, 2001. с. 54 – 55.
9. A European aerosol phenomenology - 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe / J.-P. Putaud [et al.] // Atmospheric Environment. 2010. Vol. 44, № 10. P. 1308-1320.
10. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: European assessment / N.Kunzli [et al.] // The Lancet. 2000. Vol. 356, № 9232. P. 795 - 801.
11. Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health / B. Brunekreef, B. Forsberg // European Respiratory Journal. 2005. Vol. 26, № 2. P. 309 - 318.
12. Fine particles and meteorological conditions are associated with lung function in children with asthma living near two power plants / R. Peled [et al.] // Public Health. 2005. Vol. 119, № 5. P. 418 - 425.
13. The adverse effects of fine particle air pollution on respiratory function in the elderly / Jong-Tae Lee, Ji-Young Son, Yong-Sung Cho // Science of the Total Environment. 2007. Vol. 385, № 1-3. P. 28 - 36.

- 14.Improvements in PM10 Exposure and Reduced Rates of Respiratory Symptoms in a Cohort of Swiss Adults (SAPALDIA) / Christian Schindler [et al.] // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2009. Vol. 179, № 7. P. 579 - 587.
- 15.Long-term Ambient Fine Particulate Matter Air Pollution and Lung Cancer in a Large Cohort of Never-Smokers / Michelle C. Turner [et al.] // American journal of respiratory and critical care medicine. 2011. Vol. 184, № 12. P. 1374 - 1381.
- 16.Possible mechanisms of the cardiovascular effects of inhaled particles: systemic translocation and prothrombotic effects / Abderrahim Nem-mar, Marc F. Hoylaerts, Peter H.M. Hoet, Benoit Nemery // Toxicology Letters. 2004. Vol. 149. № 1 - 3. P. 243 - 253.
- 17.Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution - Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease / C. Arden Pope III [et al.] // Circulation. 2004. Vol. 109. P. 71 - 77.
- 18.Particulate matter and heart disease: Evidence from epidemiological studies / Annette Peters // Toxicology and Applied Pharmacology. 2005. Vol. 207, № 2. P. 477 - 482.
- 19.Air pollution combustion emissions: Characterization of causative agents and mechanisms associated with cancer, reproductive, and cardiovascular effects / Joellen Lewtas // Mutation Research. 2007. Vol. 636, № 1-3. P. 95 - 133.
- 20.Mortality in the Medicare Population and Chronic Exposure to Fine Particulate Air Pollution in Urban Centers (2000-2005) / Scott L. Zeger, Francesca Dominici, Aidan McDermott, Jonathan M. Samet // Environmental Health Perspectives - 2008. Vol. 116, № 12. P. 1614 - 1619.
- 21.Short-term impact of particulate matter (PM2.5) on daily mortality among the over - 75 age group in Madrid (Spain) / E. Jiménez, C. Linares, L.F. Rodríguez et al. // Science of the Total Environment - 2009. Vol. 407, № 21. P.5486 - 5492.
- 22.Does the presence of desert dust modify the effect of PM10 on mortality in Athens, Greece? / Evangelia Samoli [et al.] // Science of the total environment 2011.Vol. 409, № 11. P. 2049 - 2054.
- 23.Mortality Associations with Long-Term Exposure to Outdoor Air Pollution in a National English Cohort / Lain M. Carey [et al.] // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine - 2013. Vol. 187, № 11. P. 1226 - 1233.
- 24.Difference in the relation between daily mortality and air pollution among elderly and all-ages populations in southwestern France / Laurent Filleul, Alain Le Tertre, Isabelle Baldi, Jean-François Tessier // Environmental Research. 2004. Vol. 94, № 3. P. 249 - 253.
- 25.Зырянов А. Г. Охрана труда и техника безопасности на зарубежных рудниках. М., 1985. Вып. 2. 60 с.
- 26.Инструкция по борьбе с пылью в угольных шахтах от «14» октября 2014 г. № 462 Российской Федерации.
- 27.Распыливание Жидкости Форсунками / А. А. Трубицын, А. А. Христофоров (ведущий конструктор ООО «Горный ЦОТ»), А. А.

- Малахов (ведущий конструктор ООО «ВостЭКО»), А. О. Ребятников // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2014. - № 2
28. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. М.: Химия, 1981. 392 с.
29. Экотехника. Защита атмосферного воздуха от выбросов пыли, аэрозолей и туманов/ под ред. Л.В.Чекалова. Ярославль: Русь, Кондор-Эко, 2004. 424 с.
30. Пылеуловители инерционно-центробежного типа / Н.И. Володин [и др.] // Экология и промышленность России. 2002. № 7. с. 13-14.
31. Справочник по пыле-золоулавливаю / Под общей ред. А.А. Русанова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.
32. Лукин В.Д., Курочкина М.И. Очистка вентиляционных выбросов в химической промышленности. Л.: Химия, 1980. 232 с.
33. Коузов П.А., Мальгин А.Д., Скрябин Г.М. Очистка газов и воздуха от пыли в химической промышленности. Л.: Химия, 1993. 320 с.
34. Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Визуализация процессов в пористом эллиптическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение. -2002. №10-12. -с. 75-80.
35. Поляев В.М., Генбач А.А. Области применения пористой системы // Известия вузов. Энергетика. -1999. №12.-с. 97-101
36. Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Процессы в пористом эллиптическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение. - 1991. №4-6. - с.73-77
37. Дюсебаев М. К Пылеподавление пеной на горнорудных предприятиях Алма-Ата: Наука, 1989. - 128 с.
38. Петрухин П. М. и др. Борьба с угольной и породной пылью в шахтах. М., 1981. 271 с.
39. Гринман И. Г., Длимбетов Б. К., Жаксыбаева Е. Н. Контроль и регулирование процессов концентрирования цветных металлов. Алма-Ата, 1983. 259 с.
40. Суляева Н. Г., Жумартов Б. С. Исследование пенообразования и взаимодействия пен с пылью при экранирующем пылеподавлении. Электрофизические способы пылеулавливания. Алма-Ата, 1987. с. 45—48.
41. Дюсебаев М. К. и др. Исследование пенообразования и разрушения пен при экранирующем пылеподавлении. Охрана труда и окружающей среды. Караганда, 1987. с.54—57.
42. Гельфанд Ф. М. и др. Новые способы борьбы с пылью в угольных шахтах. М. 1975. 288с.
43. Казаков М. В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров. М., 1977. 80 с.
44. А. с. 1270371 СССР. Состав для борьбы с пылью / Дюсебаев М. К Мусабеков К. Б., Суляева Н. Г. и др. Оpubл. в Б. и., 1986. № 42.
45. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия, 1983. 264 с.

46. Канн К.Б. Капиллярная гидродинамика пен. Новосибирск: Наука, 1989. 167 с.
47. Кругляков П.М., Ексерова Д.Р. Пена и пенные пленки. М.: Химия, 1990. 432 с.
48. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебник для вузов. Перепеч. с изд. 1989 г. - М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. - 464 с.
49. А.с. 1202598 СССР. Пеногенератор воздушно-механической пены / Дюсебаев М. К, Генбач А. А. Опубл. в Б. и., 1986. № 1.
50. Генбач А.А, Шоколаков К. Пористый пенный пылеуловитель // Поиск. - МОН РК. - Алматы. - №2. – 2011. – с. 266-271.
51. Генбач А.А, Генбач Н.А. Исследование пеногенератора с обогреваемой поверхностью // Вестник АИЭС. – Алматы. – 2009. - №4. – с. 24-27.
52. Генбач А.А, Пионтковский М.С. Пористый пылегазоуловитель с управляемой геометрией микроканалов // Энергетика Казахстана. – 2010. №4. с.59-61.
53. Polyayev V., Genbach A.N., Genbach A.A. Methods of Monitoring Energy Processes // Experimental thermal and fluid science, International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics. Avenue of the Americas. -New York, 2002. V.10. April. - P. 273-286.
54. Поляев В.М., Генбач А.А. Плотность центров парообразования и выброс капель из пористой структуры // Известия вузов. Машиностроение. - 2004. №9. с. 50-55.
55. Поляев В.М., Генбач А.А. Отрывной диаметр и частота отрыва паровых пузырей в пористых структурах // Вестник МГТУ, серия Машиностроение. -2001. №1. с. 69-72.
56. Поляев В.М., Генбач А.А. Скорость роста паровых пузырей в пористых структурах // Известия вузов. Машиностроение. -2003г. №10-12. - С. 56-61.
57. Генбач А.А, Генбач Н.А. Пути получения требуемой информации при разработке капиллярно-пористых систем энергоустановок. // Вестник АУЭС. – Алматы. -№2 (21). -2013. с. 12-18.
58. Генбач А.А., Кульбакина Н.В. Пылеподавление. Пеногенератор спроницаемой перегородкой // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. - №5. – 2011. – с. 85-87.