

КРИВОРОЖСКИЙ ГОРНОРУДНЫЙ ИНСТИТУТ
(КГРИ)

На правах рукописи

ЗАВЕРТАЙЛО Иван Антонович

ИЗЫСКАНИЕ СРЕДСТВ СНИЖЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ
АСПИРАЦИОННОГО ВОЗДУХА ПРИ ПЕРЕГРУЗКАХ
СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

С п е ц и а л ь н о с т ь - 05.26.01
Охрана труда и пожарная безопасность

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кривой Рог - 1993



00815230 (J)

Ав 27.55

Робота виконана в Українському державному науково-дослідницькому інституті безпеки праці та екології в гірнорудній і металургійській промисловості (НІИГТТ)

Науковий керівник
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

ЛОГАЧЕВ І.Н.

Офіційні опоненти:
доктор технічних наук, професор
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

БЕРЕСНЕВИЧ П.В.

ШВИДКИЙ Н.І.

Ведуче підприємство: інститут "Механобрчермет"

Захист дисертації відбувається "29" лютого 1993 г.
в 15 год. на засіданні спеціалізованого ради Д-068.ІІ.01
при Криворізькому гірнорудному інституті за адресою:

324030 г.Кривий Ріг, ул. ХХІ партсъезда, ІІ.

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту

Автореферат розісланий "14" травня 1993 г.

Учений секретар
спеціалізованого ради

ФАУСТОВ Г.Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Важность проблемы защиты окружающей среды от загрязнения давно уже переросла интересы одного государства и стала международной. Продиктовано это быстро прогрессирующим ухудшением состояния биосферы, в том числе воздушной среды. Сегодня настоятельно требуется проводить последовательную линию на радикальные изменения в сфере использования природных ресурсов, сырья, материалов и топлива на всех стадиях - от добычи и комплексной переработки до получения готовой продукции. Эти изменения, в частности, должны быть направлены на снижение загрязнения окружающего воздуха вентиляционными и технологическими выбросами, обеспечение здоровых санитарно-гигиенических условий труда. В свете этих требований одними из важных являются проблемы надежной локализации пылевыведений и одновременно сокращения потерь сыпучих материалов при аспирации технологического оборудования на фабриках и в цехах горных предприятий - железорудных горно-обогатительных и цементно-горных комбинатов.

Интенсивными и наиболее распространенными источниками выделения пыли на этих предприятиях являются конвейерные перегрузочные узлы сыпучих материалов, причем особенно высокими пылевыведениями характеризуются места загрузки ленточных конвейеров. Необходимым условием эффективной локализации пылевыведений с помощью аспирации является устройство в местах пылеобразования вентилируемых укрытий. Однако при отсосе воздуха из укрытия в аспирационную сеть уносится и, в большинстве случаев, теряется безвозвратно значительное количество ценного пылевидного материала.

К настоящему времени разработаны методы расчета требуемых объемов аспирации, многочисленные конструкции аспирационных укрытий. Вместе с тем отсутствуют надежные средства снижения уноса пылевидного материала в аспирационную сеть, обеспечивающие возврат уловленной пыли в технологический процесс. В связи с этим снижение запыленности воздуха, удаляемого местными отсосами из укрытий конвейеров, является важной и актуальной задачей.

Цель работы - разработка средств эффективной локализации

пылевывделений при минимальных потерях транспортируемых сыпучих материалов путем применения сухих методов снижения начальной концентрации пыли в аспирируемом воздухе.

Идея работы заключается в интенсификации сухого осаждения пыли в аспирационных укрытиях за счет совокупного использования инерционных, магнитных и гравитационных сил для процессов отделения пылевых частиц от воздуха, удаляемого из укрытий.

Научные положения:

- величина инерционного захвата пылевых частиц пластинами, установленными нормально к плоскому потенциальному потоку, зависит от числа Стокса и определяется при известном гидродинамическом поле расчетом критических траекторий частиц, либо расчетом расхода частиц, пересекающих граничные линии тока или прямолинейные границы течения;

- коэффициент инерционного захвата при обтекании запыленного воздуха решетки плоских пластин выше, чем для одиночной пластины тех же размеров;

- при прочих равных условиях решетка плоских магнитов со знакопередающимися фиктивными магнитными зарядами в области натекания запыленного воздушного потока обладает лучшими силовыми характеристиками по сравнению с решеткой магнитов при одной направленности полюсов - напряженность поля и силовая функция в первом случае выше на порядок.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обоснована использованием классических закономерностей сепарации частиц при обтекании препятствий запыленным воздухом для теоретического обоснования процессов инерционного осаждения частиц пыли на решетке пластин и решетке плоских магнитов; применением апробированных методов теоретического анализа с использованием общепринятых допущений; результатами лабораторных исследований с использованием современных методик и контрольно-измерительной аппаратуры; широкой проверкой полученных результатов в производственных условиях, а также сопоставлением их с данными других авторов.

Научная новизна работы:

- впервые оценен инерционный захват пылевых частиц решеткой плоских пластин при потенциальном обтекании ее запыленным воздухом;

- найдено методом суперпозиции аналитическое описание маг-

нитного поля решетки из плоских магнитов при различной ориентации их полюсов, что позволило оценить влияние магнитных сил на процесс отделения частиц пыли из воздушного потока при его натекании на магнитную решетку;

- раскрыты закономерности аэродинамических и пылевых процессов, протекающих в пылеприемнике - сепараторе и построены аналитические соотношения, описывающие поле скоростей и пофракционную степень очистки аспирируемого воздуха.

Практическая ценность работы заключается в разработке для узлов загрузки ленточных конвейеров сыпучими материалами с заметными парамагнитными свойствами новой конструкции сухого укрытия - пылеуловителя с использованием решетки плоских магнитов, а для материалов, не обладающих магнитными свойствами, - пылеприемника-сепаратора, применение которых позволяет значительно снизить начальную концентрацию пыли в аспирируемом воздухе.

Реализация работы. Разработанные в диссертации сухие укрытия-пылеуловители внедрены и прошли промышленные испытания на фабриках окомкования Северного, Соколовско-Сарбайского и Лебединского ГОКов, Криворожском цементно-горном комбинате, суриковом заводе, ДСФ шахты "Гвардейская".

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на 3-й Республиканской научной конференции "Проблемы гигиены, физиологии труда и профпатологии в черной металлургии в условиях научно-технического прогресса" (г.Кривой Рог, 1980 г.), научно-технической конференции КГРИ (г.Кривой Рог, 1981 г.), Всесоюзном научно-практическом семинаре "Горная промышленность и окружающая среда" (г.Челябинск, 1983 г.), заседаниях научно-технического совета НИИБТГ (г.Кривой Рог, 1986, 1992 г.г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 6 статей, получено два авторских свидетельства.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 178 страниц машинописного текста, 40 рисунков, 16 таблиц, список использованных источников из 71 наименования и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Процесс удаления запыленного воздуха из аспирационного укрытия с целью обеспечения в нем нормируемого разрежения сопровождается уносом пылевидного материала в аспирационную сеть.

Выполненный анализ показал, что наибольший удельный унос материала характерен для оборудования фабрик окомкования - грохотов, барабанных охладителей, узлов разгрузки обжиговых машин, молотковых дробилок и мест загрузки конвейеров, достигая 0,2-6,6 кг/т.ч.

Учитывая большое распространение конвейерных перегрузочных узлов, разработка средств снижения запыленности воздуха, удаленного из аспирационных укрытий, в первую очередь, необходима для мест загрузки конвейеров.

Большой вклад в решение вопроса эффективной аспирации конвейерных перегрузок внесли ученые С.Е.Бутаков, А.М.Гервасьев, А.В.Шелекетин, М.Т.Камышенко, О.Д.Нейков, И.И.Логачев, В.А.Минко, В.Д.Олифер и др. Ими разработаны методы расчета требуемых объемов аспирации, многочисленные конструкции укрытий.

Накоплен также определенный опыт по созданию средств снижения уноса пылевидного материала в аспирационную сеть, позволяющий сформулировать следующие основные требования, которым должны отвечать эти средства. Во-первых, они должны потреблять минимальное количество энергии от внешних источников или вообще обходиться без них. Во-вторых, процесс улавливания пыли должен обеспечивать возможность возврата ее в технологический процесс с помощью простых устройств. И, наконец, средства снижения уноса должны иметь достаточную эффективность пылезадержания при минимальных трудозатратах на обслуживание.

С учетом изложенных требований наиболее целесообразным для снижения уноса материала является применение сухих укрытий-пылеуловителей, позволяющих осуществлять возврат уловленного продукта в технологический процесс. Разработка таких укрытий, выбор их параметров до настоящего времени ведется чисто опытным путем, тогда как несомненно аналитическое изучение процессов, происходящих в укрытиях-пылеуловителях, позволило найти оптимальные решения. Совершенно недостаточное внимание уделяется инерционным и, особенно, магнитным силам, хотя на рудоперерабатывающих фабриках преобладают парамагнитные пыли (железной руды, концентрата, агломерата и окатышей).

В настоящей работе в соответствии с изложенным решаются задачи:

- исследование закономерностей инерционного осаждения частиц пыли при натекании запыленного воздуха на решетку пластин;

- изучение магнитных свойств пылей сыпучих материалов, перерабатываемых на рудоподготовительных фабриках, и исследование процессов очистки воздуха от парамагнитных частиц при обтекании решетки плоских магнитов;

- разработка конструкции аспирационного пылеприемника для укрытия места загрузки ленточного конвейера с высокой степенью осаждения, независимо от ее магнитных свойств;

- осуществление промышленной проверки разработанных средств снижения уноса материала.

Использование простейших решеток для предварительного отделения пыли от воздуха непосредственно в аспирационных укрытиях требует углубленного анализа процесса инерционного осаждения пылевых частиц. Применение известных экспериментальных данных по степени пылезадержания решеток из уголков, полутруб и пластин невозможно, поскольку эти данные получены для условий относительно высоких скоростей воздуха. Несмотря на обширную библиографию по описанию гидродинамического поля решетки, нам не удалось использовать готовые решения в виду их громоздкости и противоречивости. Поэтому выполнено аналитическое решение для простейшего случая потенциального обтекания плоской решетки и сопоставление результатов этого решения с данными специально проведенных экспериментов.

Методом конформных отображений было найдено поле скоростей однородной решетки

$$u_x = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{a^2(1-m)^2 + \Pi^2}}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\Pi}{\sqrt{\Pi^2 + a^2(1-m)^2}}}, \quad (1)$$

$$u_y = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{a^2(1-m)^2 + \Pi^2}}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\Pi}{\sqrt{\Pi^2 + a^2(1-m)^2}}}, \quad (2)$$

$$\Pi = a^2 + b^2 - (1-m)b; \quad m = \cos \pi \frac{b}{H};$$

$$a = \sin \pi \frac{x}{H} \sin \pi \frac{y}{H}; \quad b = \operatorname{ch} \pi \frac{x}{H} \cos \pi \frac{y}{H} m,$$

где $2H$ - шаг решетки, пластины, м; $2b$ - ширина пластины, м.

Экспериментальные исследования поля скоростей в зоне набегающего потока на выступ высотой $b/H = 0,5 + 0,9$ в канале показали удовлетворительную сходимость опытных и расчетных скорос-

тей как в количественном, так и в качественных отношениях. Так продольная составляющая вектора скорости u_x по линиям $0,9 > y/H > 0,3$ увеличивается от нуля до некоторого экстремального значения и затем начинает асимптотически приближаться к скорости невозмущенного потока (рис. 1). Отклонение замеренных величин от расчетных составляло $\pm 15\%$ и не превышало точности эксперимента.

Для определения коэффициента захвата плоской решетки в найденном гидродинамическом поле u исследовалось уравнение динамики аэрозольной среды

$$K(\vec{v} \nabla) \vec{v} + \vec{v} = \vec{F} + \vec{u}, \quad (3)$$

где \vec{v} - вектор безразмерной скорости пылевых частиц; \vec{u} - вектор безразмерной скорости воздушного потока;

\vec{F} - вектор приведенной массовой силы, равный

$$\vec{F} = (1 + \epsilon_0) \frac{d_p^2 \rho_p \vec{g}}{18 \rho l u_\infty},$$

K - число Стокса, равное

$$K = \frac{\rho_p d_p^2 u_\infty}{18 \rho l},$$

d_p - эквивалентный диаметр частицы, м; ρ_p - плотность частицы, кг/м^3 ; \vec{g} - вектор ускорения свободного падения, м/с^2 ; ϵ_0 - отношение плотности воздуха к плотности частицы; ρ - динамический коэффициент вязкости среды, $\text{Н}\cdot\text{с/м}^2$; l - характерный размер, м; u_∞ - скорость невозмущенного потока, м/с.

Численное решение уравнения динамики (3) с учетом (1) и (2) показало, что с увеличением числа Стокса на поведение пылевых частиц все меньше сказывается сносящее действие воздушного потока. Траектория крупных частиц практически прямолинейна и зависит существенно от начального положения частицы. С уменьшением крупности частиц (при $K \ll 1$) роль начальных ус-

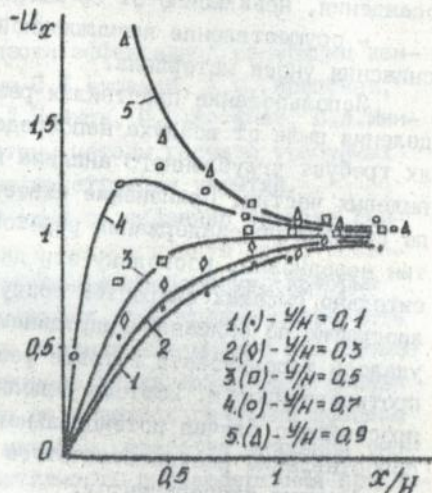


Рис. 1. Изменение составляющих вектора скорости воздуха при обтекании решетки пластин ($\delta/H = 0,9$)

ловий оказывается меньше. Под воздействием сил сопротивления среды траектория частиц все больше искривляется и для мелких частиц практически совпадает с линиями тока воздуха. В этом случае нахождение критических траекторий численным интегрированием уравнения (3) вызывает большие затруднения - значительно возрастает время счета. Поэтому предпочтительно использовать приближенные методы. В частности для мелких частиц в непосредственной близости от пластины вместо уравнения (3) можем записать

$$K \dot{v}_x + v_x + \frac{\mu}{\sqrt{2(1-m)}} x = 0;$$

а коэффициент инерционного захвата будет

$$\varepsilon = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} v_x |_{x \rightarrow 0} dy. \quad (4)$$

Для крупных частиц (при $K > 1$)

$$\varepsilon = \frac{1}{\delta} \int_{-5}^0 e^{\frac{x}{K}} u_y |_{y \rightarrow \delta} dx. \quad (5)$$

Анализ полученных результатов показал, что величина коэффициента захвата, определенная приближенными соотношениями (4) и (5) ниже величин найденных классическим методом - методом определения критических траекторий. С практической точки зрения приближенные методы предпочтительней, поскольку они дают некоторый запас. Значения коэффициента ε для характерных случаев приведены в табл. I.

Таблица I

Инерционный захват решетки плоских пластин

K	Коэффициент ε при δ равном						
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	
0,3	0,494	0,473	0,390	0,254	0,098	0,028	
1	0,500	0,498	0,491	0,480	0,474	0,470	
5	0,864	0,885	0,886	0,877	0,859	0,830	
10	0,871	0,897	0,904	0,897	0,876	0,842	
50	0,876	0,906	0,920	0,915	0,890	0,852	
100	0,877	0,907	0,921	0,917	0,892	0,853	

Инерционное осаждение пыли на решетке пластин может быть существенно увеличено при намагничивании пластины.

Результаты сравнительных измерений показывают, что магнитные характеристики кускового железорудного сырья и соответствующих пылей существенно отличаются. Имеющиеся многочисленные данные по магнитным свойствам руд не могут быть перенесены на рудные пыли и потому необходимо проведение специальных исследований. Исследования методом Гуи пылей горнорудных предприятий показали, что они обладают заметными парамагнитными свойствами и по магнитным характеристикам их можно разделить на две группы:

первая группа - диамагнитные пыли, намагничиваются против направления напряженности поля и уменьшают его - это пыли кокса, бентонита, кварцита;

вторая - парамагнитные пыли, намагничиваются по направлению напряженности поля и усиливают его - это пыли железной руды, окатышей.

Магнитное поле решетки плоских магнитов может быть найдено методом суперпозиции, рассматривая каждый элемент магнита длиной ds как точечный диполь с фиктивными магнитными зарядами $-\mathcal{B}ds$ и $\mathcal{B}ds$ (где \mathcal{B} - плотность фиктивного магнитного заряда, равная для пластины из феррита бария $\mathcal{B} = 0,33$ Тл). Так для решетки, установленной симметрично относительно оси ox (причем южные полюса магнитов направлены в сторону положительного направления оси ox) имеем

$$E_x / \frac{\mathcal{B}}{4\pi\mu_0} = 2 \sum_{-n}^n \left(\arctg \frac{y - \delta - 2n}{x+a} - \arctg \frac{y + \delta - 2n}{x+a} + \arctg \frac{y + \delta - 2n}{x} - \arctg \frac{y - \delta - 2n}{x} \right), \quad (6)$$

$$E_y / \frac{\mathcal{B}}{4\pi\mu_0} = \sum_{-n}^n \left\{ \ln[(y + \delta - 2n)^2 + (x+a)^2] - \ln[(y - \delta - 2n)^2 + (x+a)^2] + \ln[(y + \delta - 2n)^2 + x^2] - \ln[(y - \delta - 2n)^2 + x^2] \right\}, \quad (7)$$

где E_x, E_y - проекции вектора напряженности магнитного поля; n - число пластин; a - толщина магнитной пластины; μ_0 - удельная магнитная проницаемость воздуха; координаты точки x и y и размеры пластины δ и a безразмер-

ны - отнесены к шагу пластин в решетке H .

Представляло интерес проанализировать как изменится в количественном отношении магнитное поле, если изменить направление магнитных полюсов. Например, изменив через одну пластину направление полюсов на противоположное. При этом напряженность поля по сравнению с напряженностью обычной решетки в области $y \approx \delta/2 \approx 0,5$ и $0 \leq x \leq 0,5$ больше в 9,2-13 раз для E_y и в 1,2-10 раз для E_x , а силовая функция больше в 2-10 раз для F_x и в 4-100 раз для F_y . Несомненно, что с точки зрения интенсификации процесса выделения парамагнитных частиц из потока предпочтительнее применять схему плоских магнитов с чередующимся расположением полюсов.

Сравнение аналитически полученных результатов с экспериментальными исследованиями напряженности поля решетки пластин, каждая из которой состояла из 5 ферритобариевых элементов размером $60 \times 60 \times 12$ мм, показало хорошую сходимость расчетных данных с измеренными величинами.

Динамика пылевой частицы в магнитной решетке описывается тем же уравнением (3), лишь в правой части появится дополнительный вектор

$$\vec{M} = H T \vec{P}, \quad (8)$$

где T - число, характеризующее магнитные параметры частицы и решетки

$$T = \frac{M_0 x}{U_\infty^2} \left(\frac{\delta}{4 \mu M_0} \right)^2, \quad (9)$$

x - магнитная восприимчивость пылевой частицы, $\text{м}^3/\text{кг}$;

U_∞ - скорость невозмущенного воздушного потока, $\text{м}/\text{с}$;

$\vec{P} = E \text{grad} E$ - безразмерный вектор магнитной силы.

Коэффициент захвата магнитной решетки, найденный тем же путем, что и при чисто инерционном осаждении, равен

$$\epsilon = K T F(m, \delta), \quad m = a/\delta, \quad (10)$$

где $F(m, \delta)$ - вспомогательная функция, определяемая по номограмме.

Степень очистки воздуха от пыли при прохождении его через решетку магнитов определяется очевидным соотношением

$$\rho = \delta \epsilon, \quad (II)$$

Апробация полученных результатов была осуществлена на полупромышленной установке. Через магнитную решетку, установленную в аспирационном укрытии места загрузки ленточного конвейера, пропускали запыленный воздух со скоростью $U_{\infty} = 7$ м/с и концентрацией $0,5$ г/м³. Среднее число Стокса (при медианном диаметре пыли $d_{50} = 40$ мк, $\rho = 4000$ кг/м³) составляло $K = 1,05$. Для однорядной решетки коэффициент чисто инерционного осаждения (при $\delta/H = 0,5$) в соответствии с табл. I $\zeta_1 \approx 0,49 \cdot 0,5 = 0,245$; для двухрядной $\zeta_2 \approx 1 - (1 - \zeta_1)^2 = 0,43$. Экспериментальные исследования показали, что для элемента двухрядной магнитной решетки $\rho = 0,5$. Такой же результат был получен и на перегрузке обожженных окатышей. Двухрядная решетка была установлена между желобом и аспирационным патрубком. При запыленности воздуха в укрытии перед решеткой 500 мг/м³, после решетки составляла 270 мг/м³.

Таким образом, сравнительно простыми устройствами можно в укрытии снизить запыленность отсасываемого воздуха не менее чем в два раза. В процессе работы магнитная решетка будет зарастать пылевыми частицами и мелкими частицами транспортируемого материала. За счет транспортируемого материала будет осуществляться регенерация лишь нижней части решетки и сопротивление ее может увеличиться настолько, что в области перед решеткой возникнет избыточное давление запыленного воздуха. Поэтому решетку необходимо устанавливать вокруг загрузочного желоба, зарастание ее пылью при такой схеме установки будет играть положительную роль, так как снизится объем эжектируемого по желобу воздуха и увеличится степень его очистки от пыли.

Для немагнитных пылей был разработан аспирационный пылеприемник-сепаратор (в дальнейшем сепаратор) с центробежной зоной сепарации, расположенной в вертикальной плоскости (а.с. № 998249), принципиальная схема которого изображена на рис. 2. Запыленный поток отсасываемого воздуха при работе сепаратора поступает в конфузторную камеру I, в которой разгоняется и направляется далее в диффузорную камеру 2, где за счет действия главным образом, центробежных сил и силы тяжести происходит сепарация пылевых частиц из воздушного потока. Выделенная пыль

в дальнейшем накапливается в бункере 3 и через пылевывпускное отверстие возвращается на рабочую ветвь конвейера. Воздушный поток с оставшейся пылью удаляется через аспирационный воздухо-

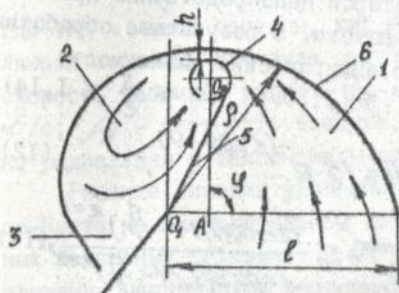


Рис. 2. Принципиальная схема пылеприемника-сепаратора

приемник равномерного всасывания 4, имеющий щель по всей длине патрубка, заключенной в кожух сепаратора. Конфузорная и диффузорная камеры разделяются жесткой перегородкой 5. С целью уменьшения вихребразования, а, следовательно аэродинамического сопротивления, образующая кожух сепаратора 6 выполнена по одной из линий тока, представляющей собой логарифмическую спираль. Такая

форма кожуха позволяет также интенсифицировать процесс сепарации пыли в диффузорной камере за счет увеличения кривизны образующей в направлении движения пылевоздушного потока. Для установления эффективности центробежной сепарации пыли необходимо было экспериментально изучить аэродинамику сепаратора и найти поля скоростей воздушного потока в обеих его камерах. В корпусе сепаратора при его работе, благодаря воздухоприемнику равномерного всасывания, имеет место двумерный воздушный поток. В связи с этим аэродинамические исследования выполнялись на плоской модели. Эксперименты проводились на чистом воздухе, предполагая при этом, что бункер для уловленной пыли работает в режиме под "завалом". При проведении экспериментов для фиксированных точек определялись с помощью трехканального цилиндрического зонда направления векторов скорости нулевым способом и их модули. Замерные пункты располагались по радиусам-векторам. Угол между двумя соседними радиусами во всех случаях был равен 10° . Помимо измерения полной скорости воздуха V в каждой точке вычислялись тангенциальная V_τ и радиальная V_r составляющие скорости.

Анализ полученных данных показал, что изменение по радиусу составляющих скорости движения воздуха в конфузорной и диффузорной камерах имеет различный характер. Поэтому статисти-

формы вихреобразования, а, следовательно аэродинамического сопротивления, образующая кожух сепаратора 6 выполнена по одной из линий тока, представляющей собой логарифмическую спираль. Такая

ческая обработка экспериментальных данных велась отдельно для каждой камеры. Наибольший интерес в диффузорной камере представляет прямоочная область, в которой непосредственно происходит выделение пыли из воздушного потока. В результате обработки опытных данных получены следующие эмпирические зависимости

конфузорная камера ($0 \leq \varphi \leq 1,309$; $0 \leq \frac{S}{\ell} \leq 1,14$)

$$\frac{v_{\varphi}}{v_{\varphi}^{\max}} = e^{-A\left(\frac{r-r_{\max}}{\rho}\right)}, \quad (11); \quad A = 15 e^{-(1,309-\varphi)}, \quad (12);$$

$$\rho_{\max} = \rho \cdot e^{-0,7(1,309-\varphi)}, \quad (13); \quad v_{\varphi}^{\max} = v_0 \frac{12+100(1,14-\frac{S}{\ell})^{2,44}}{1+0,75(1,14-\frac{S}{\ell})^{2,44}}, \quad (14);$$

$$\frac{v_r}{v_r^{\max}} = \beta\left(\frac{r}{\rho} - 1\right) + 1, \quad (15) \quad \beta = 1,6\left(\frac{1,339-\varphi}{0,03}\right) e^{-3(1,309-\varphi)}, \quad (16)$$

$$v_r^{\max} = -v_0 \frac{4,1292 - 0,644(1,14 - \frac{S}{\ell})}{1 + 0(1,14 - \frac{S}{\ell})^{0,43}}, \quad (17)$$

прямоочная камера диффузорной камеры ($1,309 < \varphi \leq 3,14$; $1,14 < \frac{S}{\ell} \leq 2,2$)

$$\frac{v_{\varphi}}{v_{\varphi}^{\max}} = e^{-15\left(\frac{r}{\rho} - 1\right)^2}, \quad (18) \quad v_{\varphi}^{\max} = v_0 [12 - 2,5\left(\frac{S}{\ell} - 1,14\right)^2], \quad (19)$$

$$\frac{v_r}{v_r^{\max}} = 1,6\left(\frac{r}{\rho} - 1\right) + 1, \quad (20) \quad v_r^{\max} = -v_0 [7,5 - 3\left(\frac{S}{\ell} - 2,2\right)^2]. \quad (21)$$

В приведенных зависимостях приняты следующие обозначения:

ρ - радиус-вектор образующей кожура сепаратора, м; r - текущий радиус, м; φ - полярный угол, рад; v_0 - средняя скорость воздуха во всасывающем сечении сепаратора, м/с; v_{φ}^{\max} , v_r^{\max} - максимальные для каждой пары значений φ и ρ составляющие скорости воздуха, м/с; ℓ - длина всасывающего сечения сепаратора, м; S - длина дуги логарифмической спирали, м.

Для расчета траекторий пылевых частиц в сепараторе запишем исходные дифференциальные уравнения движения в декартовой системе координат, предполагая стоксовский режим обтекания частиц

$$m \frac{dv_r}{dt} = m r \omega^2 - 3\pi \eta \rho_2 d_p (v_r - v_r^{\max}) - mg \sin \varphi, \quad (22)$$

$$m r \frac{dw}{dt} = -2m v_r w + 3\tilde{N} \nu \rho_2 d_p (u_y - rw) - mg \cos \varphi, \quad (23)$$

$$\frac{dr}{dt} = v_r, \quad (24)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = w, \quad (25)$$

где m - масса частицы, кг; $\frac{dr}{dt} = \dot{r} = v_r$ - радиальная составляющая скорости движения частицы, м/с; $\frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi} = w$ - угловая скорость частицы, рад/с; ν - кинематическая вязкость воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$; ρ_2 - плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; u_r, u_y - соответственно радиальная и тангенциальная составляющие скорости воздуха, м/с.

Решение системы уравнений (22)-(25) выполнено методом Рунге-Кутты на вычислительном комплексе "Искра 1256" при однородных начальных условиях. В результате решения найдены траектории движения частиц пыли различной крупности. Степень осаждения $E_{\text{фр}}$ пыли данной фракции в сепараторах определялась нахождением критических траекторий движения частиц. При этом предполагается, что частица пыли, достигнув ограждения сепаратора, не вовлекается повторно в воздушный поток. Результаты расчета для пыли бентонита приведены на графике (рис. 3), из которого видно, что в сепараторе осаждается достаточно крупная пыль. Частицы с диаметром менее 25 мкм практически не улавливаются. В сравнении узком интервале крупности 25-45 мкм происходит резкий рост величины $E_{\text{фр}}$, причем частицы пыли размером 45 мкм и более задерживаются полностью.

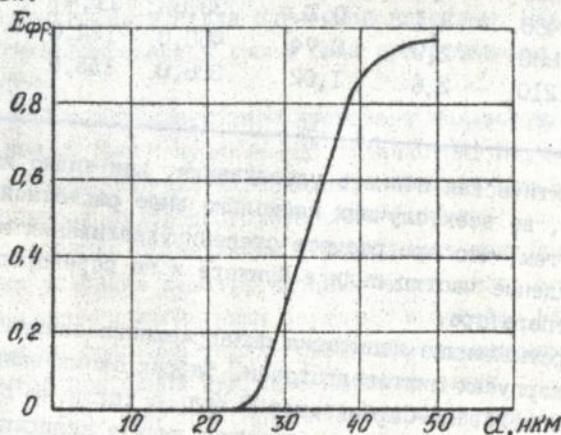


Рис. 3. Расчетная фракционная эффективность пылеприемника-сепаратора

Экспериментальные исследования эффективности осаждения пыли в сепараторе выполнены в лабораторных условиях на аспирационном полупромышленном стенде. В опытах варьировались высота щели h в месте входа пылевоздушного потока в диффузную камеру, для каждого значения которой замерялись объем отсасываемого воздуха L , содержание пыли в воздухе до C_1 и после C_2 сепаратора, коэффициент местного сопротивления сепаратора ξ . В каждой серии опытов определялся также дисперсный состав пыли, поступающей в сепаратор. Результаты экспериментов приведены в табл. 2.

Таблица 2
Результаты лабораторных исследований эффективности пылеприемника-сепаратора

m	h, м	L, м ³ /ч	ξ	v ₀ , м/с	Количество пыли, г/ч		Общая степень улавливания, E ₀	
					до сепаратора	после сепаратора	расчетная	фактическая
0,03	500	3,1	0,29	23,0	8,7	0,55	0,62	
0,035	500	3,1	0,29	26,0	13,4	0,40	0,52	
0,04	460	3,1	0,22	33,6	11,4	0,58	0,66	
0,05	880	2,9	0,74	460,0	124,0	0,61	0,73	
0,1	1210	2,6	1,02	308,0	155,0	0,71	0,60	

Фактическая степень улавливания, как видно из данных табл. 2, во всех случаях несколько выше расчетной. Объясняется это тем, что при расчете степени улавливания не учитывается осаждение частиц пыли в бункере и на перегородке между камерами сепаратора.

Промышленные испытания пылеприемника-сепаратора, проведенные в корпусах шихтоподготовки фабрик окомкования Лебединского и Соколовско-Сарбайского ГИКов, а также на других горных предприятиях, показали, что унос пыли в аспирационную сеть во всех случаях стабильно снижен не менее чем в 2 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано новое решение актуальной для горных предприятий задачи снижения запыленности воздуха, удаляемого местными отсосами из укрытий конвейеров, что позволяет сократить потери транспортируемых сыпучих материалов при эффективной локализации пылевыделений.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Выполнено теоретическое описание с помощью уравнений динамики аэрозольной жидкости процесса сепарации частиц при обтекании препятствий запыленным воздухом. Установлено, что величина инерционного захвата пылевых частиц пластинами зависит от числа Стокса и определяется при известном гидродинамическом поле расчетом критических траекторий частиц, либо расчетом расхода частиц, перетекающих граничные линии тока или прямолинейные границы течения.

2. Показано, что гидродинамическое поле плоской решетки может быть найдено методом конформных отображений. Сопоставление теоретически найденных вектора скорости воздуха с замеренными величинами показало удовлетворительную сходимость в области натекания на решетку.

3. Установлено, что коэффициент инерционного захвата для решетки пластин выше, чем для одиночной пластины. Объясняется это большей искривленностью линий тока при обтекании воздухом решетки пластин.

4. Магнитные характеристики кускового железорудного сырья и соответствующих пылей существенно отличаются. Изучены магнитные свойства пылей сыпучих материалов, обрабатываемых в технологических процессах рудоподготовительных фабрик.

5. На основании проведенных исследований показано, что при прочих равных условиях решетка плоских магнитов со знакопередающимися фиктивными магнитными зарядами в области натекания обладает лучшими силовыми характеристиками по сравнению с решеткой магнитов при одной направленности полюсов.

6. Разработана для аспирационного укрытия места загрузки ленточного конвейера новая конструкция пылеприемника с центральной зоной осаждения и расчетный метод определения его гесметрических параметров. Пылеприемник-сепаратор улавливает пыль

в сухом виде, которая непрерывно возвращается непосредственно в технологический процесс.

7. На основании выполненных экспериментальных и теоретических исследований найдены критические траектории движения частиц и определена фракционная эффективность сепаратора. Установлено, что частицы размером менее 25 мкм практически не улавливаются. В интервале крупности 25-45 мкм степень осаждения резко возрастает, при этом частицы пыли размером более 45 мкм улавливаются полностью.

8. Использование на практике магнитной решетки, устанавливаемой в укрытии между желобом и аспирационным пылеприемником или пылеприемника-сепаратора позволяет более чем в 2 раза снизить унос пылевидного материала в аспирационную сеть и одновременно обеспечить социальный эффект, выражающийся в улучшении санитарно-гигиенических условий труда рабочих рудоподготовительных фабрик.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.С. 530100 СССР. Аспирационное укрытие пункта перегрузки сыпучих материалов. / И.Н.Логачев, И.А.Завертайло. - Опубл. в В.И., 1976, № 36.

2. Завертайло И.А. Пути снижения начальной концентрации пыли в местных отсосах перегрузочных узлов // Проблемы гигиены, физиологии труда и профпатологии в черной металлургии в условиях научно-технического прогресса: Тезисы докл. 3-й республиканской научн. конф. - Кривой Рог, 1980, - С. 26-28.

3. Черненко Л.М., Завертайло И.А. К вопросу снижения начальной концентрации пыли в аспирируемом воздухе // Борьба с опасными и вредными производственными факторами в горнорудной промышленности: Тр. ВНИИ без-сти тр. в горноруд.пром-сти. - М.: Недра, 1981. - С. 66-69.

4. Снижение запыленности воздуха, отсасываемого из укрытий перегрузочных узлов / И.Н.Логачев, С.И.Задорожный, И.А.Завертайло, Л.М.Черненко. В кн.: Защита рабочих горнорудной промышленности от производственных опасностей и вредностей; Тр. ВНИИ без-сти тр. в горноруд.пром-сти. - М.: Недра, 1983. - С.63-66.

5. Интенсификация осаждения пыли в аспирационном укрытии

/ И.Н.Логачев, А.М.Гольшев, И.А.Завертайло, В.И.Мехонцев. В кн.: Горная промышленность и окружающая среда: Тез. докл. научно-практ. семинара. - Челябинск, ВНИИСУголь, 1983. - С.29.

6. А.С. 998249 СССР, Аспирационное устройство ленточного конвейера / И.А.Завертайло. - Оpubл. в Б.И., 1983, № 7.

7. Комплекс средств снижения уноса материала в аспирационную сеть / Л.М.Черненко, И.Н.Логачев, А.М.Гольшев, Г.В.Слесаренко, И.А.Завертайло. - Инф. листок о научно-техн. достижении: №84-096. - Запорожье, Запорожск. ЦНТИ, 1984.

8. Уменьшение концентрации пыли в отсасываемом воздухе при аспирации узлов перегрузки сыпучих материалов / И.Н.Логачев, А.М.Гольшев, Л.М.Черненко, И.А.Завертайло // Промышленность строительных материалов. Сер. 7. Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов: Экспресс-информация. - М., ВНИИЭСМ, 1986. - Вып. 10. - С.9-11.

Соискатель



Завертайло И.А.

г. КРИВОЙ РОГ, ул. ХМД ПАРТСЪЕЗДА, 11,
РПН КГРМ, ЗАК. № 98 ТИР. 100 ЭКЗ., 1993 г.

ЛНБ ім. В. Стефанива
АН України

AB 27.551

AB 27.551