

встановлена на бічній поверхні циліндру 7 і профіль її виконаний у вигляді трикутника. На кінці вихідного патрубку 3 очищеного газу через дифузор 18 закріплено фільтруючий елемент 13, матеріал якого володіє підвищеними звукопоглинальними властивостями.

Вихровий пиловловлювач - це сухий пиловловлювач, призначений для високоефективного уловлювання дрібнодисперсного пилю в викидах від різних промислових об'єктів. Промислова експлуатація пропонованого сухого пиловловлювача показало його високу ефективність (більше 99 %) дрібнодисперсного пилю (0-10 мкм).

Аналіз результатів досліджень показав, що залишкові концентрації дрібнодисперсного пилю при роботі всіх шести конвейерних ліній не перевищували $3,5 \text{ мг/м}^3$, тобто були нижчими ГДК [4]. Ефективність пилопригнічення становила 91,2-95,7 %, при середньому значенні 93,9 %, що вказує на хорошу збіжність із результатами теоретичних розрахунків.

Впровадження у виробництво розробленого вихрового пиловловлювача дозволить вирішити не лише соціальну проблему, а саме зниження концентрації пилю в цеху до рівня, що виключає можливість захворювання робітників хворобами пилової етіології, але й економічну ресурсозберігаючу задачу за рахунок повторного використання вловленого пилю.

Висновки. Усе це дозволяє констатувати, що за допомогою розроблених вихрових пиловловлювачів у цеху готової продукції, при транспортуванні й скиданні сировини, створено нормальні санітарно-гігієнічні умови праці за пиловим чинником, які повністю виключають виникнення у робітників пневмоконіозу.

Список літератури

1. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело / [Н.О. Каледина, Б.Ф. Кирич, М.А. Сребный и др.]; под ред. К.З. Ушакова - М.: МГУ, 2002. - 487 с.
2. Бизов В.Ф. Охрана праці в гірництві / В.Ф. Бизов, О.С. Лапшин - Кривий Ріг: Мінерал, 2001. - 251 с.
3. Врейкат Абдель Кхалех Ибрагим. Исследование запыленности воздуха на участке транспортирования сырья Аль-Фукайского цементного завода / Врейкат Абдель Кхалех Ибрагим ДГМИ // Сб. науч. тр. - Алчевск, 1998. - Вып. 7. - С. 27-30.
4. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений подземным способом: НАОП 0.00-1.34-71 М. - Гостехнадзор СССР. - Недра, 1977. - 286 с.
5. Сокол Г.И. особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне частот. Днепропетровск: Проминь, 2000. - 143 с.

Рукопис подано до редакції 19.03.13

УДК 629.113.001.5

О.В. НЕСТЕРЕНКО, В.Н. НАЗАРЕНКО, М.В. ДОМНИЧЕВ, кандидаты техн. наук, доц.,
И.С. РАДЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук, доц., О.Б. НАСТИЧ, канд. техн. наук,
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ТЕПЛОВАЯ КОАГУЛЯЦИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ПРИ ВЫБРОСАХ ПЫЛИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Представлена прогнозная оценка запыленности окружающей среды в результате тепловой коагуляции твердых частиц пыли, выбрасываемой промышленными предприятиями.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. При переработке и последующей транспортировке сыпучих материалов, а также при сжигании твердого топлива в тепловых установках происходит неорганизованное пылевыведение и в результате в воздух поднимаются частицы пыли. Особую опасность для горнорабочих и техники, работающей в формированных режимах, представляет мелкодисперсная пыль.

Поэтому практический интерес представляет тепловое взаимодействие мелкодисперсных частиц, в результате чего происходит их коагуляция в крупные агрегаты, не способные планировать в воздухе.

Столкновение частиц пыли в воздухе может быть вызвано и внешними силами (электрические силы, турбулентность и др.). Но эти факторы в общем случае лишь влияют на скорость коагуляции.

Для простоты рассмотрим только первые несколько фактов столкновения мелкодисперсных сферических частиц тепловой коагуляции. Поэтому размеры вновь образовавшихся частиц

не будут сильно отличаться от размера исходных. Эта модель используется для определения тепловой коагуляции [1].

В приближении Смолуховского [2] предполагается, что в системе сферических частиц диаметром d расстояние между ними в начальный период времени распределено хаотически. Если частички перемещаются таким образом в условиях тепловой диффузии, то необходимо знать вероятность их столкновения в течение некоторого времени t . Смолуховский рассмотрел случай, когда одна частица, которую можно зафиксировать в пространстве, является центром коагуляции, скорость диффузии периферийных частиц к этой центральной частице описывается уравнением

$$\frac{\partial}{\partial t} = D \nabla^2 C, \quad (1)$$

где C - концентрация частиц, частица/см³; D - коэффициент диффузии, см/с; r - расстояние от центра фиксированной симметрии, уравнение (1) можно записать в виде расстояния от центра фиксированной частицы, см; ∇^2 - оператор Лапласа.

В виде сферической симметрии уравнение (1) можно записать в виде

$$\frac{\partial(Cr)}{\partial t} = D \frac{\partial^2(Cr)}{\partial r^2}, \quad (2)$$

Если концентрация частиц есть функция t и r , тогда

$$\frac{\partial}{\partial t}(Cr) = r \frac{\partial C}{\partial t},$$

или $\frac{\partial(Cr)}{\partial r} = r \frac{\partial C}{\partial r} + C.$

Дифференцируя это уравнение по r , получаем

$$\frac{\partial^2(Cr)}{\partial r^2} = r \frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{\partial C}{\partial r} + \frac{\partial C}{\partial r}.$$

Подстановка полученного результата в (2) дает

$$r \frac{\partial C}{\partial t} = D \left(2 \frac{\partial C}{\partial r} + r \frac{\partial^2 C}{\partial r^2} \right),$$

или $\frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C}{\partial r} \right). \quad (3)$

Если по условию все частицы пыли имеют один и тот же диаметр, можно предположить, что они будут сталкиваться с центральной частицей, когда проходят в пределах расстояния d от нее. В этой точке концентрация пыли будет равна нулю, т.е. $C_1=0$ при $r=d$ для $t>0$.

Первоначально предполагалось, что частицы равномерно распределены по всему объему с концентрацией C . Следовательно, $C_1=C$ при $t=0$. В этих условиях уравнение (3) можно представить как (4)

$$C_1 = C \left[1 - \frac{d}{r} + \frac{d}{r} \operatorname{erf} \left(\frac{r-d}{2\sqrt{Dt}} \right) \right], \quad (4)$$

где erf - вероятностная функция ошибок [5]

Известно, что

$$\operatorname{erf} y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^y \exp(-\xi^2) d\xi.$$

При этом существует зависимость

$$\operatorname{erf} y = (\infty);$$

$$\operatorname{erf}(0) = 0;$$

$$\operatorname{erf}(-y) = -\operatorname{erf}(y).$$

Число частиц N , которые диффундируют в пределах расстояния d от центральной фиксированной частицы в единицу времени равно произведению диффузионного потока на площадь поверхности сферы размером d .

В свою очередь диффузионный поток I определяется из уравнения

$$I = -D \frac{\partial C_1}{\partial r}, \quad (5)$$

где частную производную $\partial C_1 / \partial r$ надо оценить при $r=d$.

Следовательно, число диффундирующих частиц определится из уравнения

$$N = \frac{4\pi d^2 D}{1} \frac{\partial C_1}{\partial r}. \quad (6)$$

При $r=d$ из уравнения (4) находим

$$\frac{\partial C_1}{\partial r} = \frac{C}{d} \left[1 + \frac{d}{\sqrt{\pi D t}} \right], \quad (7)$$

Число частиц, достигающих поверхности, окружающей центральную фиксированную частицу за время dt с учетом (7) будет равно

$$N dt = 4\pi D C \left[1 + \frac{d}{\sqrt{\pi D t}} \right] dt, \quad (8)$$

Если предположить, что фиксированная частица начинает диффундировать так же как и другие частицы, то общий коэффициент диффузии двоих частиц относительно друг друга равен сумме коэффициентов диффузии отдельных частиц. Таким образом, двигающаяся частица сталкивается с частицами в интервале dt

$$8\pi D C \left[1 + \frac{d}{\sqrt{\pi D t}} \right] dt,$$

где $8\pi D C$ - константа коагуляции [4]. Здесь принимаем во внимание, что уравнение (8) применимо для одинаковых размеров. В единице объема будет происходить s/g столкновений, если C - число частиц в единице объема и в каждом столкновении участвуют две частицы. Число столкновений в единице объема, которые происходят за время dt , описывается уравнением

$$\frac{dC}{dt} = -\frac{8}{2} \pi d D C^2 \left(1 + \frac{d}{\sqrt{\pi D t}} \right), \quad (9)$$

В открытом воздушном пространстве пыль под действием воздушных потоков, образовавшихся при взрывных работах, поднимается пылегазовым облаком на тысячи метров. Поэтому время достижения пылинкой поверхности земли с учетом малых ее размеров и веса достаточно велико и можно считать, что при $t \cong \infty$ член $d/\sqrt{\pi D} \rightarrow 0$ и его можно не учитывать, если t достаточно велико.

Фукс [4] показал, что слагаемое в (9) $d/\sqrt{\pi D} = \xi$ есть вероятность того, что случайная частица пыли первоначально находится вблизи фиксированной частицы. Следовательно, ξ стремится в нулю, когда стационарная скорость увеличивается.

Определяем константу коагуляции K_0 .

Согласно [4]

$$K_0 = 8\pi d D = \frac{8kT}{3\mu} C_c, \quad (10)$$

где $K = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/К; $\mu = 1,838 \cdot 10^{-4} \pi$ - вязкость воздуха; C_c - поправка Каннингема или коэффициент сопротивления Милликена

$$C_c = 1 + \frac{2\lambda}{d} \left[A + Q \exp\left(-\frac{bd}{2\lambda}\right) \right], \quad (11)$$

где для газа $A = 1,257$; $Q = 0,400$; $b = 1,10$ и λ - средняя длина свободного пробега молекулы газа.

Пример. Частицы пыли $d = 5$ мкм при начальной концентрации $C_0 = 3,53 \cdot 10^3$ (частица/см³) находятся в воздухе при температуре 20 °С и нормальном давлении.

Определить константу коагуляции K_0 пыли в воздухе и концентрацию частиц через сутки, если поправка Каннингема $C_c = 1$.

$$K_0 = \frac{8 \cdot 1,38 \cdot 10^{-16} \cdot 293 \cdot 1}{3 \cdot 1,83 \cdot 10^{-4}} = 5,89 \cdot 10^{-10} \text{ см}^3/\text{с}.$$

Примечание. В системе СГС константа коагуляции измеряется в единицах $\text{см}^3/\text{с}$.

Зная скорость (константы) коагуляции и пренебрегая вторым членом в (9), уравнение коагуляции запишется в виде

$$\frac{dC}{dt} = -\frac{K_0}{2} C^2. \quad (12)$$

Проинтегрируем уравнение (12) при начальных условиях $C=C_0$ при $t=0$ и получим

$$\frac{dC}{C^2} = -\frac{K_0}{2} dt \text{ или } \int_{C_0}^C \frac{dC}{C^2} = -\frac{K_0}{2} \int_0^t dt,$$

откуда
$$\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = \frac{K_0}{2} t. \quad (13)$$

Уравнение (13) показывает, что обратная величина концентрации частиц пыли является линейной функцией времени.

Теперь определим в данном примере концентрацию частиц через сутки, если константа коагуляции $K_0=5,89 \cdot 10^{-10} \text{ см}^3/\text{с}$.

Из формулы (13) находим

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{3,53 \cdot 10^3} = \frac{5,89 \cdot 10^{-10}}{2} 60 \cdot 60 \cdot 24$$

$$C=3,24 \cdot 10^3 \text{ частицы}/\text{см}^3,$$

т.е. снижение концентрации частиц пыли в сравнении с начальной составляет 9 %.

Незначительное снижение начальной концентрации твердых частиц свидетельствует о том, что с уменьшением их размеров (11), время планирования частиц в воздушной среде увеличивается и, как следствие, скорость их коагуляции в агрегаты уменьшается.

Таким образом, зная исходную концентрацию твердых частиц, выбрасываемых в воздух промышленными предприятиями, а также температурный режим окружающей воздушной среды, возможно по приведенной методике прогнозировать состояние уровня запыленности в конкретной местности. И, наоборот, по результатам замеров конечной запыленности, оценить степень первоначальных выбросов пыли.

Список литературы

1. Натансон Э.М. Коллоидные металлы. Изд-во АН УССР. - К.: 1959.
2. Smoluchowski M. Bull Sci, Krakow. 1 gn. - 1 a. - S. 28.
3. Smoluchowski M. M. Zeit. Фhys. Chemie. - 1918. - Bd. 92. - S. 129.
4. Smoluchowski M. M. Zeit. Фhys. Chemie. - 1918. - Bd. 92. - S. 167.
5. Фукс К.А. Механика аэрозолей. - М.: Изд-во АН СССР, 1955. - 352 с.
6. Иванов-Мусатов О.С. Теория вероятностей и математическая статистика. - Изд-во Наука, 1979. - 285 с.
7. Фукс Н.А. Испарение и рост капель в газообразной среде. - М.: Изд-во АН СССР, 1958. - 403 с.
8. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылевыведение и очистка газов в цветной металлургии. - М.: Металлургия. 1977. - 454 с.

Рукопись поступила в редакцию 16.03.13

УДК 622.257.1

І.В. НІКОЛАЄВА, І.М. ЗАХАРЕНКО, ДП «ДПІ «Кривбаспроект»

ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПОВЕРХОНЬ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШАХТНИХ ТЕРИКОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРАВ МІСЦЕВОГО ПОХОДЖЕННЯ

Представлено нові способи фіторекультивуваці пилоутворюючих поверхонь відвалів вуглезбагачення і шахтних териконів шахти імені "Артема", м. Дзержинськ, Донецької обл., які засновані на використанні депонованих стічних осадів, а також попередньої обробки насінного матеріалу добривами. Визначено склад перспективної травосуміші, використання якої може забезпечити закріплення пилоутворюючих поверхонь за один вегетаційний період.