

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ГИДРОСМЕСИ ПО ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ

Розглянуто постановку задачі течії в'язкої гідросуміші по поверхні обертання. Вирішення цієї задачі необхідно для удосконалення гравітаційних методів вуглезбагачення. Бібліогр.: 2 найм.

С целью повышения качества углей, а также экономической эффективности их использования, все коксующиеся и значительная часть энергетических углей подлежат обогащению. Качественно-количественные показатели основных процессов обогащения в значительной степени зависят от эффективности подготовительных операций, в частности, процессов классификации и обезвоживания.

Для таких основных процессов как гидравлическая отсадка и тяжелосредняя сепарация требуется исходный материал определенного гранулометрического состава, причем точность разделения резко снижается с увеличением содержания некондиционных зерен. Многочисленными исследованиями установлено, что с увеличением содержания класса 0-1 мм в исходном питании отсадочных машин с 10 до 70 % эффективность его расслоения снижается с 73,4 до 62,9 % при одновременном снижении эффективности расслоения классов 13-25 мм и 6-13 мм соответственно с 92,2 до 90,2 % и с 86,8 до 76,3 %.

Как известно, существующие технические решения подготовки мелкого машинного класса к обесшламливанию посредством подготовительного грохочения и гидравлической отсадки на действующих углеобогащительных фабриках, особенно их нового поколения, апробированы многолетним опытом эксплуатации.

Поэтому, в настоящее время преимущественное распространение в практике обогащения получили вибрационные грохоты, у которых отсутствует жесткая кинематическая связь между движущимся механизмом и коробом, для которых

амплитуда вибраций зависит от таких динамических факторов как силы инерции, величины движущихся масс, жесткости пружин и амортизаторов.

В практике углеобогащения нашли применение конусные грохоты типа ГК-1,5 или ОСО. Однако условия компоновки этих грохотов на действующих обогатительных фабриках не позволяют обеспечить перепад высот более 1,5-2,0 м. Поэтому гидродинамическое усилие на обрабатываемый материал недостаточно для получения эффективности более 50-60 %.

Особый интерес исследователей вызывает возможность интенсификации процесса классификации путем дополнительного воздействия на обрабатываемый материал непосредственно на рабочей поверхности, осуществляемого посредством инерционных, центробежных, гидродинамических, аэродинамических сил и вакуума.

В этой связи ниже предложена математическая модель движения вязкой гидросмеси по поверхности вращения.

Рассмотрено течение смеси жидкости и твердых частиц различных материалов вдоль поверхности вращения по внутренней ее стороне. Будем считать, что течение обладает осевой симметрией и происходит одинаковым образом в любой меридиональной плоскости.

Тогда использование цилиндрической системы координат ( $r$ ,  $\varphi$ ,  $z$ ) приводит к двумерной картине течения. Уравнение образующей поверхности вращения примем в форме

$$r = r_w(z), \quad 0 \leq r \leq z.$$

Относительно компонент смеси примем следующие допущения:

а) основная несущая среда является несжимаемой весомой вязкой жидкостью;

б) каждая из твердых компонент смеси представляет собой множество частиц одного и того же материала, имеющих сферическую форму одного диаметра  $d_i$  (индекс "1" обозначает номер компонента);

в) соотношения между геометрическими размерами области течения и частиц, а также порядок их концентрации позволяют рассматривать каждую твердую компоненту среды как "сплошную среду".

Эти допущения дают возможность положить в основу математического описания течения пульпы уравнения гидродинамики многофазных систем. Векторная форма записи этих уравнений приведена ниже [1]

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + d_i v \rho_i \bar{u}_i = 0, \quad i = 1, 2, \dots, N;$$

$$\rho_i \left( \frac{d\bar{u}_i}{dt} + (\bar{u}_i \cdot \nabla) \bar{u}_i \right) = \rho_i \bar{F}_i - \text{grad} p_i + \text{Div} \vec{T}_i + \rho \sum_j F^{(i,j)} (\bar{u}_j - \bar{u}_i).$$

В этих уравнениях  $\rho_i$  - плотность  $i$ -ой компоненты в смеси;  $\bar{u}_i$  - вектор скорости фазы;  $p_i$  - парциальное давление;  $\bar{F}_i$  - массовая сила, действующая на единицу массы  $i$ -ой компоненты;  $\vec{T}_i$  - тензор вязких напряжений в каждой среде.

Последний член в уравнении движения учитывает взаимодействие  $i$ -го компонента смеси с другими. При этом  $F^{(i,j)}$  означает некоторую постоянную их взаимодействия и удовлетворяет равенству:

$$\sum_i \sum_j F^{(i,j)} (\bar{u}_j - \bar{u}_i) = 0.$$

Если ввести плотность  $\rho_\Sigma$ , полное давление  $p_\Sigma$ , скорость  $\bar{u}_\Sigma$  смеси соотношениями

$$\rho_\Sigma = \sum_i \rho_i; p_\Sigma = \sum_i p_i; \rho_\Sigma \bar{u}_\Sigma = \sum_i \rho_i \bar{u}_i,$$

то можно записать соответствующие уравнения неразрывности и движения для смеси в целом.

Тензор вязких напряжений  $\vec{T}_i$   $i$ -го компонента представим в виде суммы двух тензоров, из которых первый  $\vec{T}_i^{(1)}$  связан с тензором скоростей деформации среды  $\vec{V}_i$  согласно закону Ньютона [2]:

$$\vec{T}_i^{(1)} = \frac{A_i}{\rho_\Sigma} \left( 2\mu_\Sigma \vec{V}_i + \mu_{\Sigma 2} (\operatorname{div} \vec{u}_i) \vec{E} \right)$$

Второй тензор  $\vec{T}_i^{(2)}$  определяется градиентом концентрации  $i$ -ой компоненты в смеси и ее скоростью относительно смеси. Он представим в виде:

$$\vec{T}_i^{(2)} = \frac{\mu_\Sigma}{\rho_\Sigma} \left[ (\vec{u}_i - \vec{u}_\Sigma) \operatorname{grad} p_i + \operatorname{grad} p_i (\vec{u}_i - \vec{u}_\Sigma) \right] + \rho_i (\vec{u}_i - \vec{u}_\Sigma) (\vec{u}_i - \vec{u}_\Sigma)$$

В последних соотношениях  $\mu_\Sigma$  - вязкость смеси;  $\mu_{\Sigma 2} = \zeta_\Sigma - \frac{2}{3} \mu_\Sigma$ ,

где  $\zeta_\Sigma$  - вторая вязкость;  $\vec{E}_i$  - метрический тензор.

Приведенные выше уравнения следует замкнуть уравнениями состояния и энергии, что значительно усложняет описание течения. Вместе с тем, при малой концентрации твердых компонент в несущей жидкости можно пренебречь внутренними напряжениями в каждой фазе и их взаимодействия между собой. Тогда каждую "твердую фазу" допустимо представить как "идеальный газ" с пренебрежимо малым давлением. Таким образом будем считать, что хаотическое тепловое движение частиц отсутствует. Тогда выполняются равенства

$$\vec{T}_i^{(1)} = 0; \quad p_i = 0; \quad F^{(i,j)} = 0$$

для всех фаз из твердых частиц. Дополнительно примем пренебрежимо малое влияние присутствия частиц на гидродинамику несущей жидкости, но учтем ее влияние на движение частиц. Тогда рассматриваемый процесс можно описать "расщепленной моделью". На первом этапе использовать гидродинамическую теорию для несущей жидкости, а на втором - приближенно описать динамику частиц, взаимодействующих только с несущей жидкостью.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соу С. Гидромеханика многофазных систем. - М.: Мир, 1971. - 536 с.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1973. - 868 с.

УДК 622.732:51.001.5

В.П. Надутый

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ВЫБОР ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНСОСТАВА ДЛЯ РЕГРЕССИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ДРОБИЛКИ**

Запропоновано лінійну регресійну модель роботи дробарки. Вхідні на вихідні параметри гранскладу продуктів дроблення рекомендовано ідентифікувати двоохпараметричним законом розподілення. Табл. 2. Бібліогр.: 2 найм.

Модельные представления работы дробилки необходимы для разработки метода анализа и прогнозирования величины и грансостава грузопотока при изменении одного или нескольких конструктивных параметров. Проведенный ранее [1] анализ подходов в моделировании процесса дробления показывает, что в той или иной степени привлекаются статистические закономерности и одним из перспективных является регрессионное моделирование, поскольку регрессионные зависимости позволяют учесть как особенности процесса разрушения, так и особенности материальных потоков по величине и грансоставу. Существенным моментом при построении математических моделей дробилок является то, что технологические потоки на входе и выходе характеризуются различными показателями. Основой построения таких моделей является экспериментальное исследование и сбор экспериментальных данных по входным и выходным потокам [2]. Входной поток характеризуется величиной технологической нагрузки, размером кусков и их дисперсией. Выходной поток - размером щели дробилки, некоторым законом распределения размеров кусков, причем параметры этого закона корреляционно связаны с параметрами входного потока. Поэтому, построению