

УДК 622.271.6(075.3)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ГОМОГЕННОМ ПОТОКЕ

магистрант Галушко Р.Н  
Проф..к.т.н Козыряцкий Л. Н.,  
(Донецкий Национальный технический Университет).

В эрлифтно-земснарядном комплексе кроме гидроподъема с помощью эрлифта, имеется грунтонасос, куда эрлифт перекачивает пульпу и далее, грунтонасос транспортирует пульпу на карту намыва. В грунтонасосе имеются вертикальные участки трубы, (например всасывающий трубопровод) где перемещается твердая фракция в гомогенной среде, поэтому для расчетов этих потоков, необходимо знать некоторые параметры (такие как гидравлическая крупность, коэффициент сопротивления при движении твердой фракции и др.), для чего в Донецком национальном техническом университете была создана установка оборудованная необходимыми контрольно измерительными приборами, а самое главное, двумя вертикальными прозрачными трубами, с целью наблюдения за поведением движения твердых тел в этих трубах с возможностью фото и видео съемки.

Несмотря на множество проведенных исследований в этой области (движения гомогенной твердой фракции), необходимо уточнить некоторые параметры для данных условий работы эрлифтно-зеснарядного комплекса.

Движение частицы определяется силами, которые действуют на нее: сила тяжести частицы  $G$ , сила, что выталкивает (архимедова сила)  $P_A$ , и сила динамического сопротивления жидкости  $P$ .

Уравнение движения частицы

$$G - P_A - P = m \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

где  $m$  – масса частицы;  $v$  – скорость движения частицы. Если частица двигается с постоянной скоростью, имеем

$$G - P_A - P = 0 \quad (2)$$

Скорость установившегося падения частицы в неограниченном объеме жидкости под действием собственного веса называют ее гидравлической крупностью.

Силу тяжести и архимедову силу можно определить по формулам

$$G = \rho_T g \cdot V \quad \text{и} \quad P_A = \rho \cdot g \cdot V \quad (3)$$

где  $\rho_T$  – плотность материала частицы;  $\rho$  – плотность жидкости;  $V$  – объем частицы

Сила сопротивления  $P$  определяется множеством факторов. В общем случае, сила  $P$  зависит от скорости обтекания частицы потоком жидкости и режима обтекания (ламинарного или турбулентного), плотности и вязкости жидкости, размеров, формы и качества поверхности частицы. Формирование силы  $P$  обусловлено двумя факторами: гидродинамическим взаимодействием тела и жидкости, и силами жидкостного трения.

Установлено, что силы жидкостного трения значительно проявляются при движении тонких, продолговатых или тел обтекаемой формы. При движении в жидкости тел не обтекаемой формы, к которым относятся породные или угольные частицы, действие сил трения незначительно в сравнении с действием гидродинамических сил и ей можно пренебречь.

При турбулентном режиме обтекания частицы жидкостью силу гидравлического сопротивления можно определить по формуле:

$$P = C \cdot F \cdot \rho \cdot v_0^2 \quad (4)$$

где  $C$  – коэффициент сопротивления движению тела;

$v_0$  - скорость обтекания частицы потоком;  $F$  – площадь поперечного сечения.

Частицы полезных ископаемых и породы характеризуются сложной геометрической формой, но для расчетов и аналитических исследований их можно условно представлять телами шароподобной формы и объемом, который равен объему частицы и некоторым диаметром:  $d = \sqrt[3]{6 \cdot V / \pi}$ . Тогда

$$F = \pi \cdot d^2 / 4 \quad \text{и} \quad V = \pi \cdot d^3 / 6$$

Подставив выражения в уравнения, получим:

$$\rho_T g \frac{\pi \cdot d^3}{6} - \rho \cdot g \frac{\pi \cdot d^3}{6} - C \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho \cdot v_0^2 = 0,$$

$$(\rho_T - \rho) g \cdot \frac{d}{3} - C \frac{\rho \cdot v_0^2}{2} = 0$$

Преобразовав уравнения, получим следующие зависимости:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{g \cdot d}{C} \cdot \frac{\rho_T - \rho}{\rho}} \quad (5)$$

$$C = \frac{2}{3} \cdot \frac{g \cdot d}{v_0^2} \cdot \frac{\rho_r - \rho}{\rho} \quad (6)$$

Полученная зависимость (5) позволяет определить скорость падения твердой частицы в жидкости, то есть ее гидравлическую крупность  $v_0$ . Для использования этой формулы нужно знать параметры  $d$  и  $C$ . Первый параметр – диаметр равнообъемного шара – для частиц, что транспортируются, определить достаточно тяжело. Это объясняется отсутствием определенной геометрической формы у частиц, так и значительной неоднородностью их размеров.

Коэффициент сопротивления  $C$ , который зависит от формы тела, что двигаются в жидкости, и от режима обтекания тела жидкостью, определяется экспериментально.

Для этого исследовательским путем определяют гидравлическую крупность некоторого тела или класса тел (например, шаров разных размеров и плотностей, или частиц породы) и по полученной формуле (6) определяют коэффициент сопротивления для этого класса. Экспериментальные исследования, проведенные над телами разной формы, показали все значения коэффициента гидродинамического сопротивления.

Список использованной литературы:

1. Гидроподъем полезных ископаемых / Я. К. Антонов, Л. Н. Козыряцкий и др. – М.: Недра, 1995. – 173с.
2. Энциклопедия эрлифтов Москва, 1995г. «Ин- формсвязьиздат», Папаяни Ф.А. Пашенко В.С. Кононенко А.П. Козыряцкий Л. Н.
3. Гідромеханізація: Навчальний посібник / Бойко М.Г, Моргунов В.Н, Козиряцький Л.М, Федоров О.В – Донецьк : ДВНЗ «ДонНТУ», 2011.-554с
4. Финкельштейн З.Л. Средства гидромеханизации: учеб, пособ./З.Л Финкельштейн. Л.Н козыряцкий. - Алчевск: Донгту, 2013.-168с