

УДК 622.271.6(075.3)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ТВЕРДОЙ
ФРАКЦИИ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ГОМОГЕННОМ ПОТОКЕ**

Р.Н. Галушко, Л.Н. Козыряцкий

ГВУЗ "Донецкий национальный технический университет"

Представлена новая установка, которая оборудована необходимыми контрольно-измерительными приборами для эрлифтно-земснарядного комплекса. Были рассчитаны некоторые параметры для заданных условий работы комплекса.

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 этого 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-земснарядного комплекса [1-3].

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

$$G - P_A - P = m \frac{dv}{dt}$$

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

$$G - P_A - P = 0.$$

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

$$G = \rho_t g \cdot V \text{ и } P_A = \rho \cdot g \cdot V,$$

где ρ_t – плотность материала частицы; ρ – 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:

$$P = C \cdot F \cdot \rho \cdot v_0^2$$

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

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

Подставив выражения в уравнения, получим:

$$\rho_{\tau} g \frac{\pi \cdot d^3}{6} - \rho \cdot g \frac{\pi \cdot d^3}{6} - C \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho \cdot v_0^2 = 0,$$
$$(\rho_{\tau} - \rho) g \cdot \frac{d}{3} - C \frac{\rho \cdot v_0^2}{2} = 0.$$

Преобразовав уравнения, имеем следующие зависимости:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{g \cdot d}{C} \cdot \frac{\rho_{\tau} - \rho}{\rho}}, \quad (1)$$

$$C = \frac{2}{3} \cdot \frac{g \cdot d}{v_0^2} \cdot \frac{\rho_{\tau} - \rho}{\rho}. \quad (2)$$

Полученная зависимость (1) 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 тел, что двигаются в жидкости, и от режима обтекания тел 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 (2) определяют коэффициент сопротивления для этого класса. Экспериментальные исследования, проведенные над телами разной формы, показали все значения коэффициента гидродинамического сопротивления.

Библиографический список

1. Гидроподъем полезных ископаемых / Я.К. Антонов, Л.Н. Козыряцкий и др. – М.: Недра, 1995. – 173 с.
2. Гідромеханізація: Навчальний посібник / М.Г. Бойко, В.Н. Моргунов, Л.М. Козиряцький, О.В. Федоров. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – 554 с.
3. Финкельштейн З.Л., Козыряцкий Л.Н. Средства гидромеханизации: учеб. пособ. – Алчевск: ДонГТУ, 2013. – 168 с.