

УДК 622.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОСТРУЙНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА

Яковлев В.М., канд. техн. наук, доц., Шевченко А.А., студент
Донецкий национальный технический университет.

В работе создана математическая модель процесса подъема твердого полезного ископаемого водоструйным вакуумным насосом. Она позволяет определить оптимальные геометрические параметры насоса при разных условиях его функционирования.

Входными параметрами для математической модели водоструйного вакуумного насоса являются: средний диаметр частиц поднимаемого твердого d_T , м; плотность твердого ρ_T , кг/м³; подача источника рабочей жидкости Q_1 , м³/с; напор рабочей жидкости перед насадком h_1 , м; сопротивление подводящего трубопровода $\lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$; тип насадка - сужающийся конический; плотность жидкости ρ , кг/м³.

При составлении математической модели были приняты следующие допущения:

- диаметр струи рабочей жидкости на входе в камеру смешения равен диаметру насадка при незначительном ($1,5 \dots 1,7 d_{\hat{e}}$) удалении его среза от начала камеры (смешение потоков начинается в камере);
- давление на входе в камеру смешения одинаково в струе рабочей жидкости и в потоке транспортируемой;
- частицы твердого имеют приблизительно сферическую форму;
- частицы твердого движутся прямолинейно вдоль оси трубопровода.

Для определения скорости восходящего потока жидкости, необходимой для транспортировки частиц твердого рассмотрим равновесие частицы твердого.

Тело находящееся в жидкости под действием силы тяжести $G = \rho_T g V_T$ и архимедовой силы $P_a = \rho g V_T$, где g - ускорение свободного падения, а V_T - объём тела, будет двигаться вниз.

При появлении относительной скорости между телом и жидкостью возникает сила сопротивления:

$$R = c_x \cdot S \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

где c_x - безразмерный коэффициент, зависящий от формы тела, шероховатости поверхности, режима движения; S - площадь миделевого сечения; v - относительная скорость обтекания тела жидкостью.

Тогда дифференциальное уравнение движения тела под действием этих сил можно записать в виде:

$$m \frac{dv}{dt} = \sum F_{kx}$$

Или после подстановки и преобразований:

$$m_T \frac{dv}{dt} = \rho g V_T \left(\frac{\rho_T}{\rho} - 1 \right) - c_x S \frac{\rho v^2}{2}$$

Из данного уравнения найдём гидравлическую крупность – скорость восходящего потока, при которой частицы твердого находятся во взвешенном состоянии [5]:

$$V_{\dot{\delta}} = \sqrt{\frac{2gV_T}{c_x S} \left(\frac{\rho_{\dot{\delta}}}{\rho} - 1 \right)}$$

Учитывая допущения, преобразуем выражение для гидравлической крупности:

$$V_{\dot{\delta}} = \sqrt{24,6 \cdot g \cdot d_{\dot{\delta}} \left(\frac{\rho_{\dot{\delta}}}{\rho} - 1 \right)}$$

Для устойчивого подъема частиц твердого скорость движения жидкости принимаем скорость большую гидравлической крупности:
 $V_p = 1,2 \cdot V_{\hat{\epsilon}\delta}$.

Максимальный диаметр подъёмного трубопровода d будем принимать, по опыту эксплуатации систем гидротранспорта, равным трем диаметрам частиц поднимаемого твердого. Тогда необходимая подача транспортируемой смеси равняется:

$$Q_2 = V_{\hat{\epsilon}\delta} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{i^3}{\bar{n}}$$

Коэффициент подачи гидроэлеватора [1]: $\beta = \frac{Q_2}{Q_1}$.

Из уравнения описывающего зависимость - $\hat{E} = f'(\beta)$ (рис.1), можно определить коэффициент напора $\hat{E} = 0,372 - 0,11 \cdot \beta$.

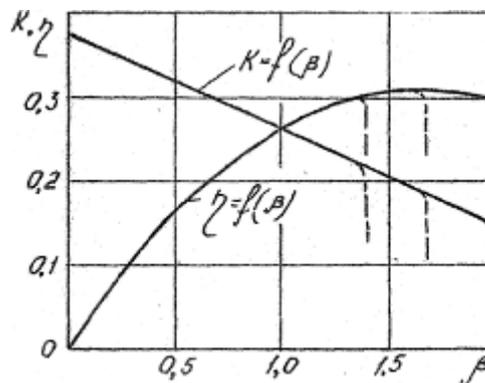


Рисунок 1 - Безразмерные характеристики гидроэлеватора

Экспериментальными исследованиями установлена функциональная связь между оптимальным коэффициентом напора гидроэлеватора и его модулем $K_{\hat{\eta}\delta} = \frac{0,855}{\delta} + 0,017$, откуда можно выразить модуль:

$$\delta = \frac{0,855}{K_{\text{ш}} - 0,017}$$

Зная, что $\hat{E} = \frac{H_2}{H_1}$, тогда геометрическая высота всасывания

$H_{\hat{a}\hat{a}} = K \cdot H_1$, а диаметр насадка рассчитываем по формуле:

$$d_H = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\mu \cdot \pi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}}}$$

тогда диаметр камеры смешения равняется: $d_K = \sqrt{m \cdot d_H^2}$.

Коэффициент полезного действия гидроэлеватора определяется отношением полезной мощности, которая сообщается потоку транспортируемой жидкости, к мощности затраченной, подведенной к насадку:

$$\eta = \frac{Q_2 P_2}{Q_1 P_1} = \beta \cdot K$$

Рационально представить полученные зависимости в графическом виде:

Рисунок 2 – Зависимость модуля от диаметра частиц твердого материала

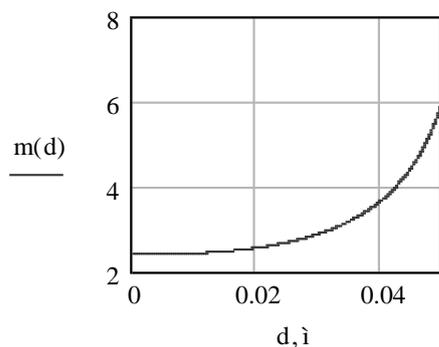


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента напора от модуля

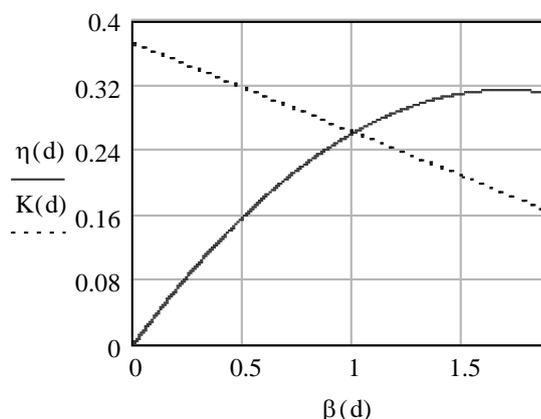
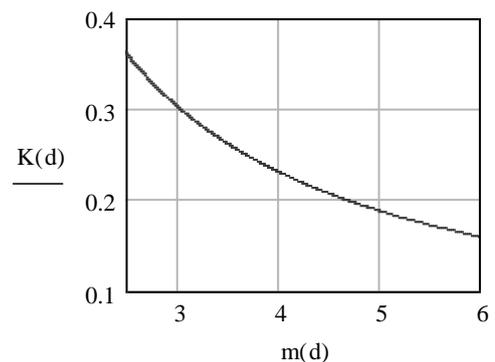


Рисунок 4 – Зависимость КПД и коэффициента напора от коэффициента подачи

Также был разработан контрольный пример на основе экспериментальных исследований [2], для проверки правильности работы блока. Анализируя, разработанный модуль можно сказать, что он работает и при необходимости транспортировки шлама в условиях шахтного водоотлива или на обогатительных фабриках, при известных параметрах рабочей жидкости можно подобрать водоструйный вакуумный насос, с оптимальными геометрическими параметрами.

1. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение. 1988 – 256 с.
2. Яковлев В. М., Анализ эффективности работы гидроэлеваторов без диффузора при работе их в вакуумном режиме/ В. М. Яковлев, В.Б. Малеев, С.С. Малыгин, А.С. Холоша// Наукові праці Донец. держ. техн. ун-ту.- Випуск 17 - Донецк, 2009
3. Заря А.Н. Исследование движения твердой фракции в вертикальном пульпопроводе. Труды ДПИ. - том 46 - Выпуск 10 – Сталино, 1960.
4. Соколов Е. Я., Зингер Н. М. Струйные аппараты. — 3-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1989. —352 с
5. Гейер В.Г., Дулин В.С., Заря А.Н. Гидравлика и гидропривод. 3-е издание, дополненное и переработанное./ В.Г. Гейер, В.С. Дулин, А.Н. Заря. -М.: Недра, 1991. - 333 с