

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СВЯЗИ КРИТЕРИЕВ ПОДОБИЯ ГИДРОЭЛЕВАТОРОВ С РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ

Яковлев В.М., к.т.н., доц., Холоша А.С., асс.
Донецкий национальный технический университет

В работе получены критерии подобия и экспериментально установлена связь между ними для гидроэлеваторов с различной геометрией проточной части

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами
Водоструйные насосы – гидроэлеваторы находят широкое применение во многих отраслях промышленности, в том числе и угольной, где они используются для вспомогательного водоотлива и очистки водоотливных емкостей от оседающего твердого материала.

Разнообразие условий эксплуатации гидроэлеваторов зачастую существенно затрудняют расчеты по определению их геометрических и режимных параметров. Необходимо также отметить, что до настоящего времени нет общепринятой методики расчета водоструйных насосов. Поэтому моделирование и использование критериев подобия позволит существенно расширить границы применения экспериментального материала для расчета натуральных образцов гидроэлеваторов, упростит и повысит надежность расчетов.

Анализ исследований и публикаций Исследованию гидроэлеваторов посвящено множество работ [1, 2, 3, 4]. В этих работах авторами уделено внимание выявлению и анализу критериев подобия. В первую очередь это относится к геометрическому подобию и критерию Рейнольдса. Однако, режимы течения потоков жидкости в проточной части гидроэлеваторов обычно находятся в автомодельности, когда число Рейнольдса не является определяющим критерием.

Постановка задачи На основании анализа исследований вытекает следующая основная задача:

- На основании теории размерностей выявить критерии подобия и, используя экспериментальный материал, установить связь между ними.

Изложение материала Составляющие основу моделирования критерии подобия определяются либо из условия тождественных

уравнений, описывающих процессы, либо из анализа размерностей. Высокая степень турбулентности потоков и неопределенность влияния отдельных элементов проточной части на данном этапе наших знаний не представляют возможность описать процесс в гидроэлеваторе дифференциальным уравнением. Поэтому определение критериев подобия проводим на основе теории размерностей.

Зависимость между независимыми параметрами, характеризующими рабочий режим и геометрические размеры гидроэлеватора, выражаются общим функциональным уравнением:

$$f(P_2; V_1; V_2; w_n; w_k; \mu; \rho) \quad (1)$$

где P_2 - полное, с учетом гидродинамического, давление, создаваемое гидроэлеватором;

$V_1; V_2$ - скорости, соответственно, рабочего и транспортируемого потоков на входе в камеру смешения;

$w_n; w_k$ - площади сечений насадка и камеры;

μ - вязкость рабочей и транспортируемой жидкости;

ρ - плотность жидкостей.

Уравнение (1) написано для случая, когда рабочая и транспортируемая жидкости имеют одинаковые плотность и вязкость.

При анализе предполагается, в первую очередь, соблюдение геометрического подобия модели и натуре. Поэтому в уравнение не вошли параметры, выражающие геометрическое подобие, а именно соотношение площадей сечений камеры смешения и насадка, относительная длина камеры смешения и ее относительная шероховатость.

Независимые переменные величины принимаем для анализа из условия неравенства нулю определителя матрицы, составленной из их размерностей. Для нашего случая принимаем V_1 ($l^1 m^0 t^{-1}$), w ($l^2 m^0 t^0$), ρ ($l^3 m^{-3} t^0$). Определитель матрицы:

$$\Delta = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 0 \end{bmatrix} = -2 \quad (2)$$

Определив по π -теореме безразмерные комплексы, запишем критериальное уравнение процесса:

$$f\left(\frac{P_2}{\rho V_1^2}; \frac{w_k}{w_n}; \frac{V_2}{V_1}; \frac{\mu}{V_1 \rho w_n^{0.5}}\right) = 0 \quad (3)$$

$$\bar{\kappa} = \frac{m\kappa}{2\varphi_n^2(1-\kappa')} \quad (9)$$

Комплекс показывает, что напор гидроэлеватора во столько раз меньше напора перед насадком, во сколько площадь сечения камеры смещения больше сечения насадка.

Таким образом критериальное уравнение примет вид:

$$f(\bar{\kappa}; \bar{\beta}; Re_n) = 0 \quad (10)$$

Связь между полученными безразмерными комплексами была установлена по экспериментальным данным. Для этого исследовались односопловые гидроэлеваторы с квадратной и круглой камерами смещения и многосопловые гидроэлеваторы. Модули гидроэлеваторов изменялись от 3 до 14,8. Значение числа Рейнольдса, подсчитанного для струй рабочей воды, изменялось в эксперименте в пределах $2,5 \cdot 10^5 \leq Re \leq 6,2 \cdot 10^5$.

Обработка экспериментальных данных позволила установить функциональную связь критериев (рисунок 1):

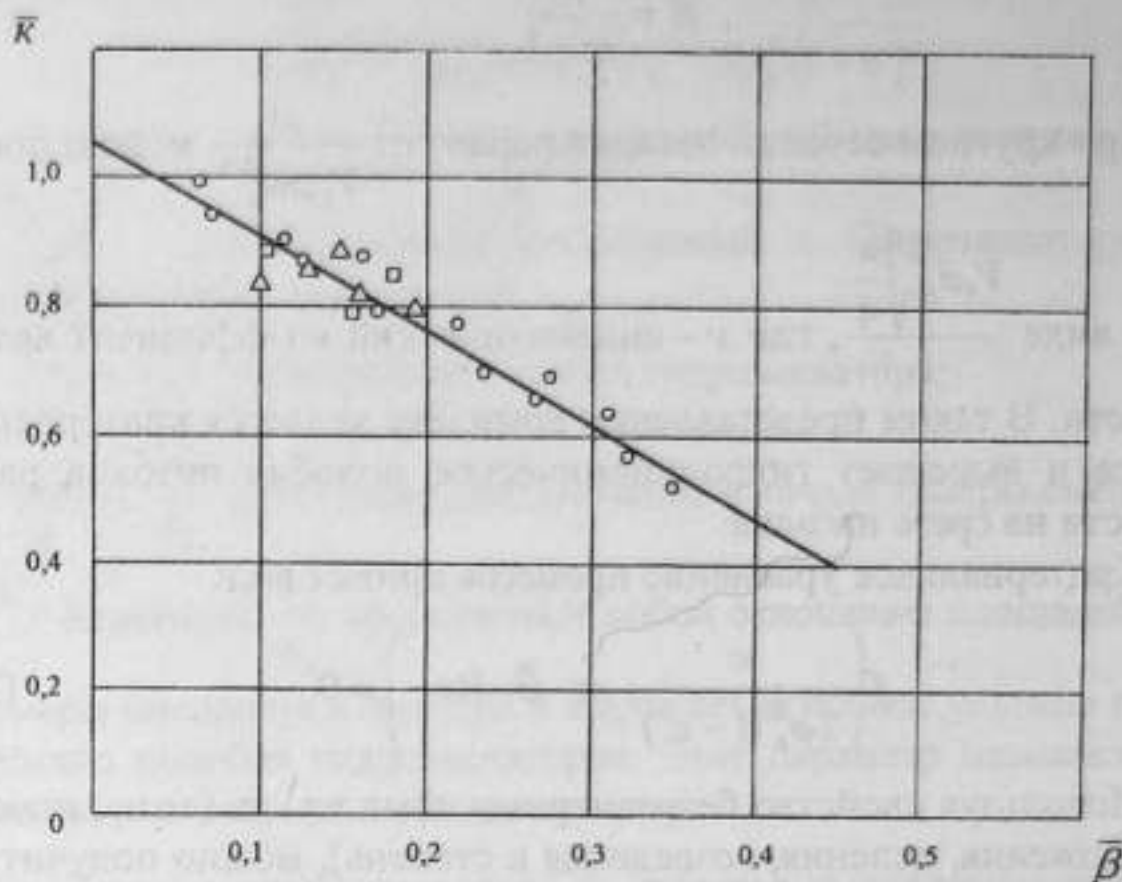


Рисунок 1 – Результаты экспериментальных исследований гидроэлеваторов:

- - с круглой камерой смещения;
- - с квадратной камерой смещения
- △ - многосоплового

$$\bar{\kappa} = 1,06 - 1,46\bar{\beta} \quad (11)$$

Исследования подтвердили, что с увеличением числа Рейнольдса, в указанных пределах имеет место незначительное снижение эффективности работы гидроэлеватора [3].

Выводы: Установленная функциональная связь критериев подобия, характеризующих относительные геометрические размеры и безразмерные режимные параметры, представляет собой универсальную характеристику и справедлива для гидроэлеваторов любой конфигурации проточной части, выполненных в соответствии с требованиями к снижению потерь напора (т.е. имеющими конфузур, диффузор и т.д.).

Список источников:

1. Каменев П.Н. Гидроэлеватор и другие струйные аппараты. М.:Стройиздат, 1964 г., 346 с.
2. Фридман Б.Э. Гидроэлеваторы. М.: Машгиз, 1960 г., 321 с.
3. Подвидз Л.Г., Кирилловский Ю.Л. Расчет струйных насосов и установок // ВНИИгидромаш, вып. 38, м., 1968, С. 44 – 96.
4. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.:Энергоиздат, 1989 г., 350 с.