

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАСОСОВ СПОСОБОМ “ПЕРЕПУСК С ПОДКРУТКОЙ”

Беглов И.Ф., к.т.н.

Эффективность способа регулирования подачи насосов "перепуск с подкруткой" определена в виде отношения частот вращения реального и идеального потоков жидкости во всасывающей трубе осевого насоса. Частота вращения реального потока жидкости определена экспериментально.

I.F.Beglov

DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF THE PUMPS' CONTROL DELIVERY BY THE METHOD "BYPASS WITH REVOLUTION"

Efficiency of the pumps' control delivery method "bypass with revolution" determined as ratio between both revolution frequency of real and ideal liquid flows in annual intaking pipeline of the axial pump. Revolution frequency of the real liquid flow is experimentally determined.

Эффективность способа регулирования подачи лопастных насосов “перепуск с подкруткой” во многом зависит от потерь энергии перепускаемого потока при передаче ее потоку перед рабочим колесом.

Оценить ее можно следующим образом. Представим поток, подходящий к рабочему колесу насоса, в виде цилиндра, состоящего из вещества в твердом агрегатном состоянии (рис. 1). Диаметр этого цилиндра принят равным внутреннему диаметру всасывающего трубопровода $D_{вс}$, а длина - численно средней скорости течения воды в сечении перед устройством для закручивания потока:

$$L_{ц} = \frac{4Q_{вс}}{\pi D_{вс}^2} . \quad (1)$$

Момент инерции этого цилиндра равен [1]

$$M_i = \frac{1}{2} mR^2 , \quad (2)$$

где

m - масса цилиндра, кг;

R - его радиус, м.

При воздействии на периферийную часть этого цилиндра силой F цилиндр приобретает вращение. Силу F можно представить в виде

$$F = \Delta p S , \quad (3)$$

где

Δp - перепад давления в соплах, Па;
 S - суммарная площадь выходного сечения сопел устройства для закручивания потока, м².

Импульс момента сил, действующих на этот цилиндр

$$M_{MC} = \Delta p S R \Delta t . \quad (4)$$

Так как импульс момента сил равен моменту количества движения (силами трения пренебрегаем), с учетом $R = 0,5 D_{BC}$, можно записать

$$\frac{1}{2} D_{BC} \Delta p S \Delta t = \frac{1}{8} m D_{BC}^2 \Delta \omega . \quad (5)$$

Откуда приращение угловой скорости цилиндра при его закручивании:

$$\Delta \omega = \frac{4 \Delta p S \Delta t}{m D_{BC}} . \quad (6)$$

Выразим $\Delta \omega$ через параметры насосной установки. Запишем секундную массу цилиндра как

$$\frac{m}{\Delta t} = \frac{\gamma Q_{yc}}{g} , \quad (7)$$

где

γ - удельный вес воды, кг / м² с²;
 g - ускорение силы тяжести, м/с²,

а перепад напора в соплах

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \Delta H$$

и

$$\Delta H = H_{yc} - h_{wn} . \quad (8)$$

После подстановки (7) и (8) в (6) получим

$$\Delta \omega = \frac{4 g S (H_{yc} - h_{wn})}{D_{BC} Q_{yc}} , \quad (9)$$

где

H_{yc} - напор насосной установки, м;
 Q_{yc} - подача насосной установки, м³/с;
 h_{wn} - потери напора в устройстве для закручивания потока и перепускном трубопроводе, м.

С учетом

$$\Delta \omega = \frac{\pi n}{30}$$

получим

$$n_{вых} = \frac{120 g S (H_{yc} - h_{wn})}{\pi D_{BC} Q_{yc}} , \quad (10)$$

где

$n_{выч}$ - частота вращения цилиндра, мин⁻¹.

Таким образом, замерив перепад давления в соплах, по формуле (10) можно вычислить частоту вращения $n_{выч}$ цилиндра.

Частота вращения реального потока жидкости измерялась косвенным способом при помощи гидродинамического флюгера [2] и рассчитывалась по формуле

$$n_{изм} = \frac{60 (Q_{вс} + Q_{п})}{\pi^2 D_{вс}^3} \operatorname{tg} \alpha \quad (11)$$

где

Q_n - перепускаемый расход жидкости, м³/с;

α - угол между направлением скорости закрученного потока и осью всасывающего трубопровода.

Измерив фактическую частоту вращения реального потока жидкости $n_{изм}$ и сравнив ее с вычисленной $n_{выч}$, получим коэффициент преобразования энергии перепускаемой жидкости во вращательное движение потока, подходящего к рабочему колесу, своего рода "КПД" рассматриваемого способа регулирования.

На рис. 2 представлена зависимость частоты вращения от отношения количеств движения взаимодействующих потоков, вычисленная по формуле (10), с нанесенными экспериментальными значениями.

Экспериментальные исследования были проведены на насосе ОГ 8-25 при частоте вращения рабочего колеса $n = 980$ и 1450 мин^{-1} . Исследовалось устройство регулирования подачи с диаметром перепускного трубопровода 140 мм. Исследования проводились по методике, изложенной в [2].

Взаимодействие струй, идущих в разных направлениях (перепускаемые струи тангенциальны основному потоку), будет зависеть от угла встречи этих струй и скорости движения их относительно друг друга. Чем меньше разница в скорости движения встретившихся под углом потоков, тем меньше будут потери энергии при изменении направления движения совместного потока.

Зависимость, иллюстрирующая эффективность передачи энергии от перепускаемого потока основному, подходящему к рабочему колесу, от отношения количеств движения перепускаемого и основного потоков, приведена на рис. 3.

Предположение о том, что эффективность передачи энергии зависит от частоты вращения рабочего колеса, не оправдалось. Из полученной зависимости видно, что все точки легли в пределах одной кривой.

Эффективность передачи энергии возрастает с увеличением величины перепускаемого расхода, достигая максимума в диапазоне отношения количеств движения взаимодействующих потоков 0,5...0,6. Уменьшение эффективности справа от максимума объясняется большими потерями энергии перепускаемого потока, обладающего высокими скоростями, главным образом на турбулентное перемешивание.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально определена эффективность передачи энергии перепускаемого жидкости потоку перед рабочим колесом.

2. Эффективность передачи энергии для пары "устройство регулирования подачи - насос" не зависит от частоты вращения рабочего колеса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики. Т. 1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны: Учеб. пособие для вузов. 10-е изд., стереотип. - М.: Физматгиз, 1962. - 468 с.
2. Беглов И.Ф. Исследование закрутки потока перед рабочим колесом осевого насоса // Проблемы механики (Ташкент). - 1996. - № 4. - С. 34-37.