

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДВОДЯЩЕГО ТРУБОПРОВОДА ВОДООТЛИВНОЙ УСТАНОВКИ

Маер А.А., студентка; Никулин Э.К., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Современные водоотливные установки представляют собой сложный комплекс, в который входят горные выработки и оборудование: насосные камеры и агрегаты, двигатели, подводящий и нагнетательный трубопроводы, аппаратура автоматического управления и защиты. Так как от надежности работы водоотливной установки зависят безопасность и бесперебойность работы всего горного производства, поэтому большое внимание уделяется защите насосных агрегатов от кавитаций, возникающих в подводящем трубопроводе и в самом насосе.

Кавитацию сопровождает ряд нежелательных явлений:

- эрозия материала стенок – образовавшиеся пузырьки пара, попадая в область повышенных давлений, мгновенно конденсируются, при смыкании окружающие пузырьки частицы жидкости движутся ускоренно к центру пузырька, и при полном исчезновении пузырька эти частицы сталкиваются, создавая мгновенное местное повышение давления, которое может достигать больших значений. Такие давления на рабочих поверхностях каналов колеса приводят к сильным ударам, выщерблению, разъеданию материалов стенок.

- повышение вибрации, которая приводит к быстрому изнашиванию подшипников;

- быстрая коррозия рабочих органов насоса при выделении паров химически активной жидкости;

- сужение проходного сечения подводящих каналов и полный срыв работы насосов при активном холодном кипении, что связано с выделением растворенных газов, в том числе и воздуха, из жидкости при прохождении ею области вакуума [1].

Основным средством предупреждения кавитации, обеспечивающим нормальную работу насосных агрегатов в шахтных условиях, является правильный выбор высоты всасывания ($H_{вс}$) [2].

Подводящий трубопровод описывается уравнением:

$$H_{вс} - H_{ст} + a_{вс} \cdot Q^2 \quad (1)$$

Уравнение кавитационной характеристики имеет вид:

$$H_{вс}^{кр} - H_{ст} + \frac{V^2}{2 \cdot g} - k \cdot \Delta h_{вс} \quad (2)$$

Регулирование работы насоса и уход от кавитации осуществляется путем изменения подачи насоса и высоты всасывания. Однако известно, что диапазон изменения подачи строго индивидуален для каждого насоса. В данной работе мы будем основываться на характеристике насоса типа ЦНС-300-120÷600, который широко применяется на водоотливных установках шахт. Подачу данного насоса можно изменять в пределах 200÷400 м³/ч. Глубину шахты примем равной 560м, а диаметр подводящего трубопровода – 0,31м.

Путем совместного решения уравнений (1) и (2) относительно $H_{\text{вк}}$ и подставляя значения, известные в гидравлике, получим:

$$H_{\text{вк}} = 10 - 8,97 \cdot Q^2 \cdot (48,39 - \lambda_{\text{т}} + 4,63) - k \cdot \Delta h_{\text{кв}}, \quad (3)$$

где k – коэффициент кавитационного запаса, $k=1,25$;

$\lambda_{\text{т}}$ – коэффициент Дарси, рассчитанный по формуле Шевелева при скорости потока в подводящем трубопроводе $V \geq 1,2$ м/с:

$$\lambda_{\text{т}} = \frac{0,021}{V^{0,1}} \quad (4)$$

При $V < 1,2$ м/с значение $\lambda_{\text{т}}$ получается путем умножения формулы (4) на поправочный коэффициент k_1 , представленный эмпирической формулой:

$$k_1 = \frac{V}{1,064 \cdot V - 0,09} \quad (5)$$

Среднеквадратическая погрешность вычисления k_1 по формуле (5) в диапазоне изменения скорости потока $V=0,2 \div 1,2$ м/с составляет $\varepsilon_{\text{кв}} = \pm 4,9\%$.

$\Delta h_{\text{кв}}$ – критический кавитационный запас, рассчитываемый по формуле Руднева:

$$\Delta h_{\text{кв}} = 10 \cdot \left(\frac{n \cdot \sqrt{Q}}{c} \right)^{4,1}, \quad (6)$$

где n – частота вращения рабочего колеса насоса ЦНС-300-120÷600, $n=1475$ мин⁻¹;

c – кавитационный запас быстроходности насоса:

$$c = 600 - 18,433 \cdot (n_s - 50)^{0,676} \quad (7)$$

Удельная быстроходность насоса рассчитывается по формуле:

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n \cdot \sqrt{Q_n}}{H_n^{1/4}}, \quad (8)$$

$Q_H=300 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $H_H=60 \text{ м}$ – соответственно подача и напор, развиваемые первой ступенью насоса в номинальном режиме;

Подставив значения в формулы (7) и (8) получим $c=753,6 \text{ мин}^{-1}$.

Изменяя значения подачи от 0 до $400 \text{ м}^3/\text{ч}$, получаем графическую зависимость $H_{вс.р.}=f(Q)$, приведенную на рис.1.

После обработки графика $H_{вс.р.}=f(Q)$ методом наименьших квадратов получаем эмпирическую зависимость вида:

$$H_{вс.р.}=10,82 \cdot e^{-0,0034 \cdot Q} \quad (9)$$

Среднеквадратическая погрешность вычисления $H_{вс.р.}$ по формуле (9) в диапазоне изменения подачи насоса $Q=0 \div 400 \text{ м}^3/\text{ч}$ составляет $\varepsilon_{кв}=\pm 5,65\%$. Так как нас интересует рабочий диапазон изменения подачи насоса ЦНС-300-120÷600 в пределах $200 \div 400 \text{ м}^3/\text{ч}$, где среднеквадратичная погрешность составляет $\pm 5,02\%$, считаем, что данная погрешность допустима.

Зависимость $H_{вс.р.}=f(Q)$ представлена на рис.1.

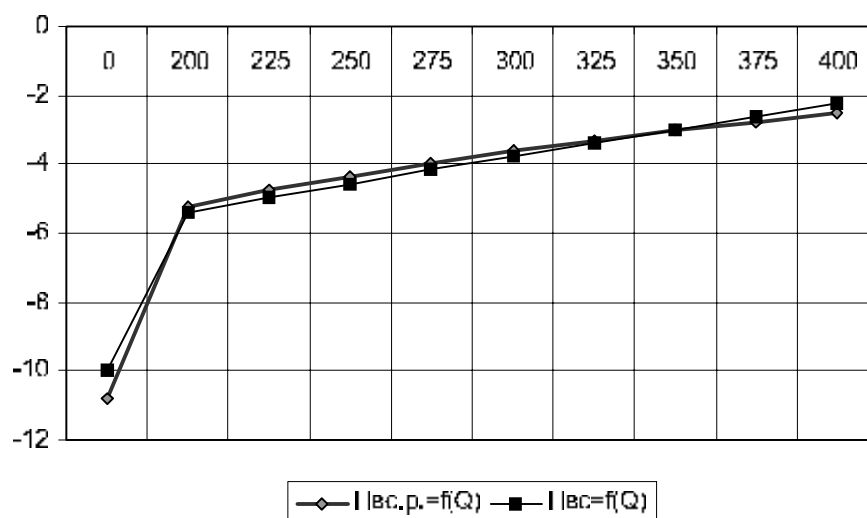


Рисунок 1 – График зависимостей расчетной высоты всасывания по формуле (9) $H_{вс.р.}=f(Q)$ и эксплуатационной по формуле (3) $H_{вс.}=f(Q)$.

Таким образом, полученная эмпирическая зависимость (9) может быть в дальнейшем использована для расчета уставок управления при создании блока защиты от кавитации подводящего трубопровода водоотливной установки.

Перечень ссылок

1. Алексеев В.В. Рудничные насосные, вентиляторные и пневматические установки: Учебн. пособие. - М.: Недра, 1983 - 381с.
2. Гейер В.Г, Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки: Учеб. для вузов - М.: Недра, 1987 - 270 с.