

УДК 622.232.

ЗАЩИТА ВОДООТЛИВНОЙ УСТАНОВКИ ОТ КАВИТАЦИИ

Двойнишникова Е.А., студ.; Гавриленко Б.В., к.т.н., доц.

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Эксплуатация шахтной водоотливной установки связана с непостоянством ее эксплуатационных характеристик, что приводит к выходу рабочего режима насоса из зоны промышленного использования, невозможности насоса перекачивать необходимый объем воды на требуемую высоту подъема, а также увеличению эксплуатационных затрат.

Кавитационные свойства шахтных насосов определяются всасывающей способностью и геометрической высотой всасывания, отклонение которых от нормальных условий приводит к появлению развитой кавитации в проточной части насоса. Кавитация характеризуется выделением пара и растворенных газов из перекачиваемой жидкости в тех местах насосного агрегата, где давление жидкости равно или меньше давления насыщенных паров. Это способствует более быстрому разрушению рабочих частей, на которых возникают и некоторое время существуют кавитационные пузыри, а также не возможности дальнейшей эксплуатации насосного агрегата.

Установлено [1], что до 60-70% водоотливных установок работают в кавитационных режимах и имеют пониженный к.п.д. Кроме того, кавитация повышает потери напора во всасывающем трубопроводе до 1.5...4 м, вместо регламентированных по условиям эксплуатации 0.5... 0.8 м.

В настоящее время не существует надежных промышленных средств контроля кавитации, позволяющих с достаточной степенью точности фиксировать момент ее возникновения и развития, а базовая аппаратура автоматизации шахтных водоотливных установок ВАВ-1М не позволяет регулировать режимы работы насоса при возникновении кавитации. Для задач автоматического управления шахтной водоотливной установки возможна реализация энергетического или виброакустического методов контроля кавитации.

При энергетическом методе в качестве контролируемого параметра принимается напор насоса, а начало кавитации оценивается по его снижению на 2% и более от рабочего. Так как напор определяется суммарными показаниями манометра и вакуумметра, то показания одного из них позволяют судить о наступлении кавитации.

Виброакустический метод предусматривает контроль кавитации по интенсивности звуковых колебаний или уровню кавитационного шума, которые зависят от размеров кавитационной зоны в насосном агрегате.

При этом методе основными средствами контроля являются гидрофоны мембранного типа, в том числе и с пьезокерамическими элементами, преобразующие звуковые колебания в электрические сигналы, а также комплекты аппаратуры ВИ-6, ИШВ-1 с тензоэлектрическими, инерционными и индукционными измерительными преобразователями.

Виброакустический метод позволяет оценивать степень развития кавитации, но при вибрации насоса и действии промышленных помех его реализация в шахтных условиях затруднена.

Вместе с тем, порог кавитации в работающем насосном агрегате и степень ее развития могут быть определены по изменению скорости распространения упругих колебаний или их интенсивности [2].

Для измерения скорости распространения ультразвуковых колебаний в жидких средах применяются интерферометрические, импульсные и оптические методы. Применение импульсного метода, основанного на измерении времени распространения T ультразвукового импульса на известном расстоянии L , является более предпочтительным по сравнению с интерферометрическим и оптическим методами, так позволяет с минимальными затратами в технической реализации достичь высокой точности измерения скорости распространения ультразвука в газосодержащей жидкости.

Скорость распространения упругих колебаний в жидкой среде определяется ее газосодержанием при выделении пузырьков воздуха [3]:

$$C_{ж} = \frac{\sqrt{1 + D \cdot \frac{\gamma \rho_2}{\gamma \rho_{ж}} \cdot \pi \cdot v^2 \cdot (7\pi^2 \cdot \rho_0 \cdot V_0^2 \cdot v^2 + 2\eta_c \cdot C_0)}}{0,8 \cdot \rho_0^2 \cdot C_0^4 \cdot \left(\exp\left(-\sqrt{\frac{\pi \cdot v \cdot \rho_0}{\eta_c}}\right) \right)},$$

где D – параметр кавитации:

$$D = \frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{\Delta V - V_0}{V_0},$$

где ΔV - приращение объема вследствие кавитации;

$\frac{\Delta V - V_0}{V_0}$ - газосодержание;

$\gamma \rho_2, \gamma \rho_{ж}$ - соответственно сжатие парогазовой смеси и жидкости;

ρ_0 - плотность воды;

η_c - вязкость исследуемой среды;

C_0 - скорость ультразвука в воде.

На рисунке 1 приведена зависимость изменения скорости распространения ультразвуковых колебаний в жидкости от параметра газосодержания. При кавитации с увеличением объема свободного воздуха в жидкости скорость распространения ультразвука уменьшается, а наступлению порога кавитации соответствует параметр газосодержания 0,02.

Интенсивность упругих колебаний в кавитирующей жидкости изменяется из-за затухания энергии волны при ее рассеянии и поглощении на пузырьках воздуха [4]:

$$a'_{рас} = 7\pi^3 n_0 V_0 \frac{v^4}{C_{ж}^4},$$

где n_0 – единица объема;

V_0 – газосодержание;

v – собственная частота колебаний ультразвуковой волны в кавитирующей жидкости;

C – скорость распространения ультразвука в жидкости.

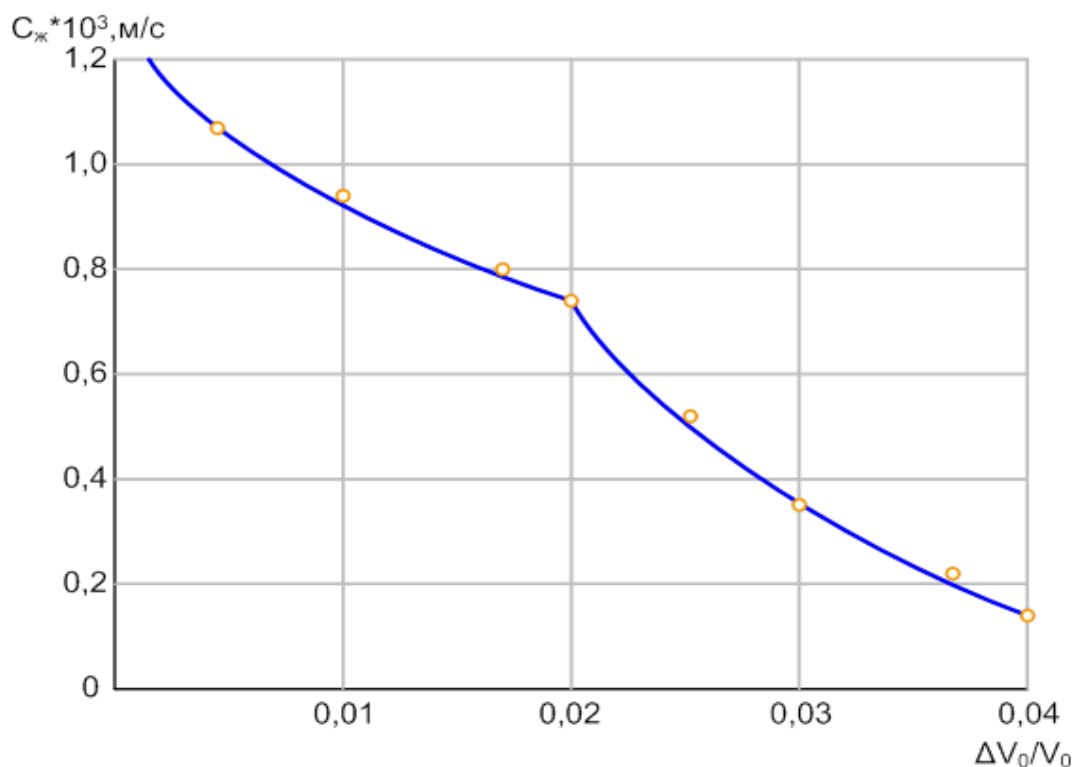


Рисунок 1 – Изменение скорости ультразвука в жидкости от параметра газосодержания

Реализация одного из рассмотренных выше ультразвуковых методов контроля в базовой аппаратуре автоматизации шахтной водоотливной установки позволит контролировать наступление и развитие кавитации, а также осуществлять эффективное регулирование режимов работы насосного агрегата для выведения его из зоны кавитации.

Применение средств защиты от кавитации на водоотливной установке снижает риск возникновения кавитации, ограничивает интенсивность износа рабочего колеса и всасывающего трубопровода, позволяет продлить межремонтный срок службы насосного агрегата.

Перечень ссылок

1. Карелин В.Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах. – М.: Недра, 1975. – 353 с.
2. Колесников А.Е. Ультразвуковые измерения. – М.: Недра, 1975. – 353 с.
3. Веремьев М.Н., Гавриленко Б.В. Разработка устройства защиты шахтной водоотливной установки от кавитации.- Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сб. научных трудов 3-й межд. Научн.-техн. конф. асп. и студ., 14-15.05.2003г., Донецк, ДонНТУ. – С. 125-128.
4. Шутилов В.А. Основы физики ультразвука. – Л.: ЛГУ, 1980. – 280 с.