

АЛГОРИТМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В НАСОСНОМ КОМПЛЕКСЕ

Сердюк А.А., асист., Коренькова Т.В., к.т.н., доц.

Кременчугский государственный университет имени Михаила Остроградского

39614, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20

E-mail: sauce@polytech.poltava.ua

Дана характеристика структурных элементов лабораторного комплекса гидротранспортной установки, позволяющего исследовать кавитационные процессы в гидросистеме. Предложены алгоритмы проведения исследований кавитации при изменении температурных и регулировочных режимов насосного комплекса.

Ключевые слова: кавитация, насосный комплекс, лабораторная установка.

Введение. Изменение режима работы гидротранспортных комплексов (ГТК) систем водо- и теплоснабжения сопровождается кавитационными процессами, характеризующимися появлением каверн, заполненных паром или газом, которые приводят к разрывам сплошности потока жидкости, появлению воздушных пробок в гидросети, значительным перепадам давления, росту потребляемой на транспортирование мощности и т.д. [1-3].

Явление кавитации наблюдается в сифонных трубопроводах, рабочих колесах гидромашин, на участках местных сопротивлений, где давление в потоке жидкости становится меньше критического, определяющего границу возникновения кавитации [2-4].

Анализ работ [3-6], посвященных исследованию кавитационных процессов, показал, что наличие развитой кавитации в ГТК приводит к колебаниям входного и выходного расходов до 25% и 3% от номинального значения, выходного давления – до 6% от среднего значения, снижению полезной мощности и КПД насосного агрегата на 10-15% от номинальных значений. Увеличение непроизводительных потерь мощности, обусловленных кавитацией, составляет 16-20% номинальной мощности электропривода насоса.

В связи с этим является актуальным исследование кавитационных процессов в насосном комплексе (НК) в условиях мелкомасштабной лабораторной модели насосной установки (НУ), что позволит разработать структуру и алгоритмы системы управления кавитационными процессами гидротранспортных комплексов [7].

Цель работы. Обоснование этапов исследования кавитационных процессов на базе экспериментального лабораторного комплекса гидротранспортной установки.

Материал и результаты исследований.

Лабораторный стенд для исследования режимов работы НК, функциональная гидравлическая схема и внешний вид которого приведены на рис. 1, 2 соответственно, включает:

- два центробежных насосных агрегата мощностью 0,55 кВт каждый;

- систему разветвленного трубопровода из полипропиленового материала диаметром 50 мм, содержащую горизонтальные и вертикальные участки с установленной запорно-регулирующей арматурой и приемными резервуарами;

- устройство активного регулирования параметров НК на базе гидротурбины, соединенной на одном валу с электрическим генератором;

- регулируемый дисковый затвор с электроприводом для изменения параметров гидротранспортной установки (ГТУ) путем требуемого открытия/закрытия рабочего органа;

- участки трубопроводной сети с местными сопротивлениями (прозрачные трубки Вентури) для исследования кавитационных процессов в гидросистеме;

- устройство для регулирования частоты вращения электродвигателей насосов на базе преобразователей частоты;

- систему контрольно-измерительной аппаратуры (датчики тока, напряжения, частоты вращения, давления и расхода);

- устройство сопряжения контрольно-измерительной и исполнительной аппаратуры с ЭВМ на базе аналогово-цифрового и цифро-аналогового преобразователей. Экспериментальный комплекс насосной установки охватывает целый ряд научно-исследовательских и прикладных задач, одной из которых является исследование кавитационных процессов в ГТК.

Изменение температуры перекачиваемой жидкости, режима работы НК, перепадов давления в гидросистеме приводит к образованию кавитации во всасывающем патрубке, в рабочем колесе насоса, на местных сопротивлениях гидравлической сети (сужениях, поворотах, на выходе задвижек). С этой целью экспериментальный комплекс оснащен регулируемым электронагревательным элементом 22

(рис. 1), регулируемые клапанами на всасывающих патрубках насосов (рис. 3), прозрачными трубками Вентури различного поперечного сечения в узкой части, установленными в гидравлической сети (рис. 4).

Этапы проведения экспериментальных исследований по изучению кавитационных явлений

включают (рис. 6): оценку влияния изменения температуры жидкости на режим работы ГТК и на границы возникновения кавитационных процессов в рабочем колесе насоса или в трубопроводе, исследование влияния изменения режима работы насосного агрегата на параметры кавитационных процессов, оценку влияния степени аэрации потока жидкости на режим работы ГТК и параметры кавитационных процессов в трубопроводе.

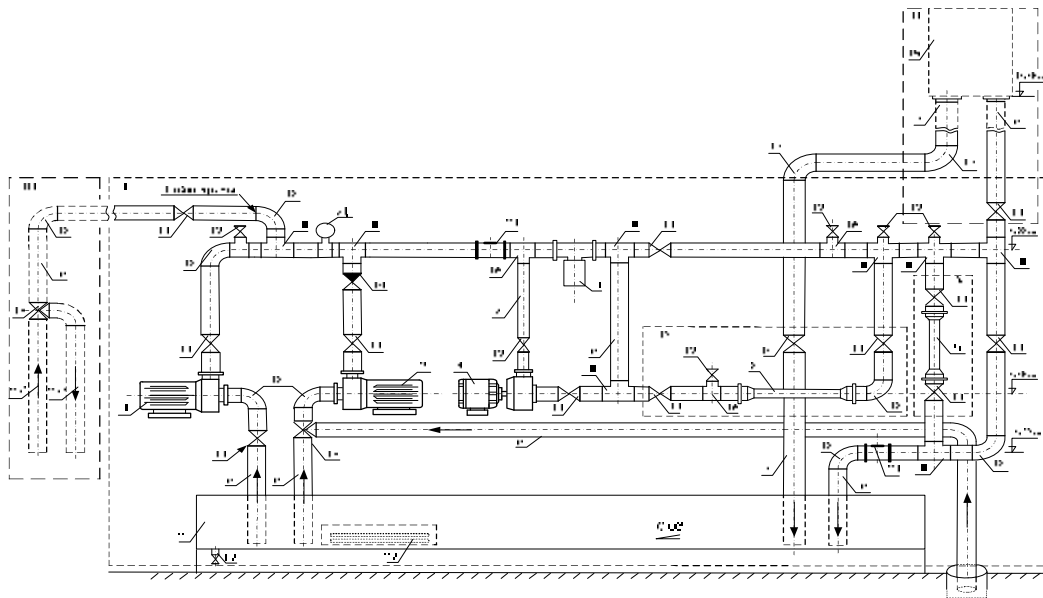


Рисунок 1 – Функциональная гидравлическая схема экспериментального комплекса ГТУ:

1, 2 – центробежные насосы; 3 – гидротурбинный агрегат; 4 – дисковый поворотный затвор с регулируемым электроприводом; 5-7 – трубопроводы; 8, 9 – кварцевые стеклянные трубки Вентури; 10-12 – вентили шаровые; 13 – кран трехходовой; 14 – клапан обратный; 15,16 – тройники; 17, 18 – повороты; 19, 20 – емкости для воды; 21 – двухканальный ультразвуковой датчик расхода; 22 – система подогрева воды; 23', 23'' – трубопроводы подачи и слива воды из системы; Дд – датчик давления



Рисунок 2 – Внешний вид лабораторного комплекса гидротранспортной установки

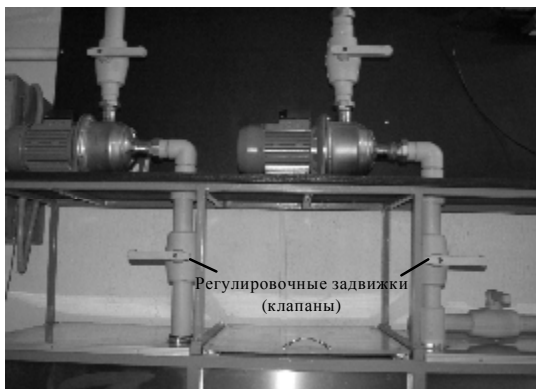


Рисунок 3 – Установка задвижек на всасывающих патрубках насосных агрегатов



Рисунок 4 – Установка трубок Вентури

Для определения влияния изменения температуры жидкости на границы возникновения кавитации в трубопроводе для разных температурных режимов ($t = 20, 30, 40 \text{ } ^\circ\text{C}$), положений задвижки на выходе насоса (открыта на

20%, 40%, 60%, 80% и 100%) производят измерение расхода жидкости, давления перед трубкой Вентури и определяют значение давления насыщенного пара:

$$p_{para} = a + bt + ct^2 + dt^3 + et^4,$$

где $a = 371,1361$, $b = 55,1464$, $c = 2,2576$, $d = -0,01703$, $e = 8,97996 \cdot 10^{-4}$ – коэффициенты аппроксимации; t – температура жидкости, $^\circ\text{C}$.

Вычисляют текущее число кавитации [8]:

$$c = \frac{2(p - p_{para})}{\rho u^2},$$

где p – давление жидкости, Па; ρ – плотность жидкости, кг/м^3 ; $u = \frac{Q}{S}$ – входная скорость жидкости, м/с; Q – производительность ГТК, $\text{м}^3/\text{с}$; S – площадь поперечного сечения, м^2 .

При выполнении условия $c \leq c_{кр}$, где $c_{кр}$ – критическое число кавитации, приведенное в паспортных характеристиках гидравлического оборудования, по кривым $c_{t20} = f(Q)$, $c_{t30} = f(Q)$, $c_{t40} = f(Q)$ (рис. 5) определяют границы развития кавитационных процессов в гидросистеме.

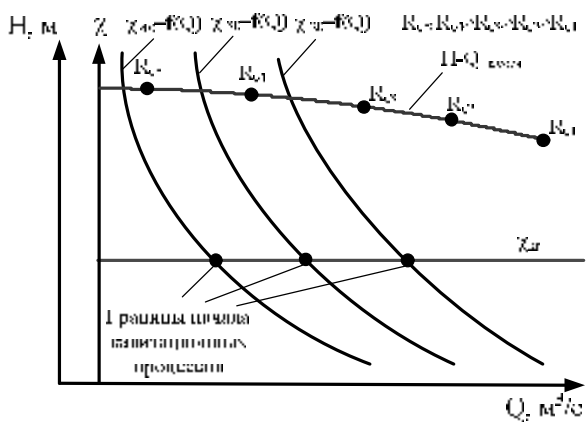


Рисунок 5 – К определению границ бескавитационной работы НК

Выводы. Разработанный лабораторный комплекс насосной установки позволяет исследовать кавитационные процессы в насосном агрегате, на местных сопротивлениях гидродинамической сети при изменении температурных и регулировочных режимов работы насосного комплекса, различной степени аэрации потока жидкости.

Предложенная лабораторная модель гидротранспортной установки представляет базовый вариант, который может быть дополнен средствами снижения кавитационных процессов в гидросистеме.

Разработанные алгоритмы позволяют осуществить целый ряд научно-практических и теоретических исследований кавитационных процессов, позволяющих сформулировать рекомендации по структуре и алгоритмам функционирования систем управления кавитацией в гидротранспортных комплексах в условиях реальных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рождественский В. В. Кавитация / В. В. Рождественский. – Л.: Судостроение, 1977. – 247 с.
2. Пирсол И. Кавитация / И. Пирсол – М.: МИР, 1975. – 94 с.
3. Карелин В. Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах / В. Я. Карелин. [Изд. 2-е, перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 1975. – 336 с. –
4. Козелков В. П. Экспериментальное исследование кавитационных автоколебаний в гидротранспортной системе / В. П. Козелков, А. Ф. Ефимочкин // Материалы совещания АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР “Кавитационные автоколебания в насосных системах”. – К.: Днепропетровский филиал Института механики АН УССР, 1976. – Том 1. – С. 71-80.
5. Задонцев В. А. Определение зависимости объема кавитационных камер от давления и расхода на входе в насос по экспериментальным данным / [В. А. Задонцев, Т. А. Грабовская, Ю. Е. Григорьев, Ю. А. Кулай]. // Материалы совещания АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР “Кавитационные автоколебания в насосных системах”. – К.: Днепропетровский филиал Института механики АН УССР, 1976. – Том 1. – С. 126-130.
6. Пилипенко В. В. Об одном механизме автоколебаний в гидравлической системе с трубкой Вентури / В. В. Пилипенко, В. А. Задонцев // Материалы совещания АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР “Кавитационные автоколебания в насосных системах”. – К.: Днепропетровский филиал Института механики АН УССР, 1976. – Том 2. – С. 93-103.
7. Коренькова Т. В. Экспериментальный комплекс-тренажер гидротранспортной установки / [Коренькова Т. В., Сердюк А. А., Перекрест А. Л., Шokolov В. Н.] // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського: Зб. наук. праць. – Кременчук: КДУ. – 2010. – Вип. 4(63). – Ч.2. – С. 64-67.
8. Сердюк А. А. Влияние параметров трубопроводной системы на границы возникновения кавитационных явлений / А. А. Сердюк // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук, КДПУ, 2008. – Вип. 1/2009 (5). – С. 43-46.

АЛГОРИТМИ ДОСЛІДЖЕННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У НАСОСНОМУ КОМПЛЕКСІ

Сердюк О.О., асист., Коренькова Т.В., к.т.н., доц.

Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського

39600, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20, Україна

E-mail: saue@polytech.poltava.ua

Дана характеристика структурних елементів лабораторного комплексу гідротранспортної установки, що дозволяє досліджувати кавітаційні процеси в гідросистемі. Запропоновано алгоритми проведення дослідження кавітації при зміні температурних та регулювальних режимів насосного комплексу.

Ключові слова: кавітація, насосний комплекс, лабораторна установка.

ALGORITHMS OF RESEARCH CAVITATIONS PROCESSES IN PUMPING COMPLEX

Serdjuk A.A., assistant., Korenkova T.V., Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy State University

39600, Kremenchuk, Pershotravneva St. 20, Ukraine

E-mail: saue@polytech.poltava.ua

Description of structural elements laboratory hydrotransport unit complex, allowing to research cavitations processes in hydrosystem is given. The algorithms of realization researches of cavitations processes are offered at the change of temperature and regulation conditions of pumping complex.

Key words: cavitation, pumping complex, laboratory unit complex.