

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСОМ В ЗОНЕ ЕГО ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Павина Н.В., студентка; Никулин Э.К., доцент, к.т.н.

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

В период эксплуатации насосной установки по ряду причин происходит отклонение режима работы насосов от нормального, снижение эффективности и надежности работы установки. К рабочему режиму насоса предъявляется требование экономичности, оцениваемое допустимым значением коэффициента полезного действия, который определяет границы рабочей зоны насоса. Поэтому для экономичной работы насосной установки необходимо обеспечить нахождение режима в пределах рабочего участка характеристики. Однако это является необходимым, но недостаточным условием для эффективной работы насоса. Следует также учитывать возможность возникновения кавитации в потоке жидкости, движущемся по всасывающему трубопроводу, подводу и на входе в рабочее колесо насоса.

Поэтому разработка математической модели управления насосной установкой в зоне промышленного использования насоса, которая отсутствует в базовой аппаратуре автоматизации ВАВ.1М, используемой для управления водоотливной установкой, является актуальной задачей.

Для определения координат рабочего режима необходимо располагать напорными характеристиками насоса и трубопроводной сети. В результате исследований учеными института имени Федорова М.М. было получено следующее аналитическое выражение рабочей напорной характеристики насоса [1]:

$$H_{из} = z \cdot (H_{ф.к} - B_{к} Q^2),$$

где z – число колес насоса, 10; $H_{ф.к}$ – коэффициент начального давления при нулевой подаче, 73; $B_{к}$ – поправочный коэффициент, $1,59 \cdot 10^{-4}$; Q – текущее значение подачи, м³/ч.

Напорная характеристика трубопроводной сети в общем виде рассчитывается по следующей формуле:

$$H_t = H_{г} + aQ^2,$$

где H_t – соответственно общие потери напора в трубопроводной сети в целом, м; $H_{г}$ – геометрическая высота водоподъема воды, м; a – коэффициент сопротивлений сети, с²/м⁵.

В качестве способа регулирования режима работы водоотливной установки используем дросселирование с помощью регулировочной задвижки – проходного вентиля тарельчатого типа.

Регулирование подачи насоса можно осуществить, изменяя местное гидравлическое сопротивление ξ :

$$\xi = 41,1e^{-0,824 r},$$

которое зависит от степени открытия затвора, равного отношению линейного перемещения запорного органа δ к проходному диаметру d вентиля:

$$x = \delta / d ,$$

принимаемое значение в диапазоне 0,05...0,45.

Для учета возможности возникновения кавитации, необходимо располагать характеристикой подводящего трубопровода:

$$H_{\text{вакк}} = H_{\text{геом}} + a_{\text{кт}} Q^2$$

и кавитационной характеристикой насоса:

$$H_{\text{вакк}}^{\text{доп}} = \frac{P'_a - P_t}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} - k \Delta h_{\text{кр}},$$

где $H_{\text{вакк}}$ – вакуумметрическая высота всасывания, м; $H_{\text{геом}}$ – геометрическая высота всасывания насоса, м; $H_{\text{вакк}}^{\text{доп}}$ – допустимая вакуумметрическая высота всасывания, м; P'_a – атмосферное давление на глубине шахты Н, Па; P_t – давление насыщенного пара воды, Па; V – средняя скорость воды в подводящем трубопроводе, м/с; ρ – плотность шахтной воды, кг/м³; $\Delta h_{\text{кр}}$ – критический кавитационный запас, м; k – коэффициент запаса, 1,25.

На рисунке 1 приведен график изменения напорных характеристик трубопроводной сети на границах рабочей зоны насоса (при разных геометрических высотах водоподъема) в условиях безкавитационной работы установки.

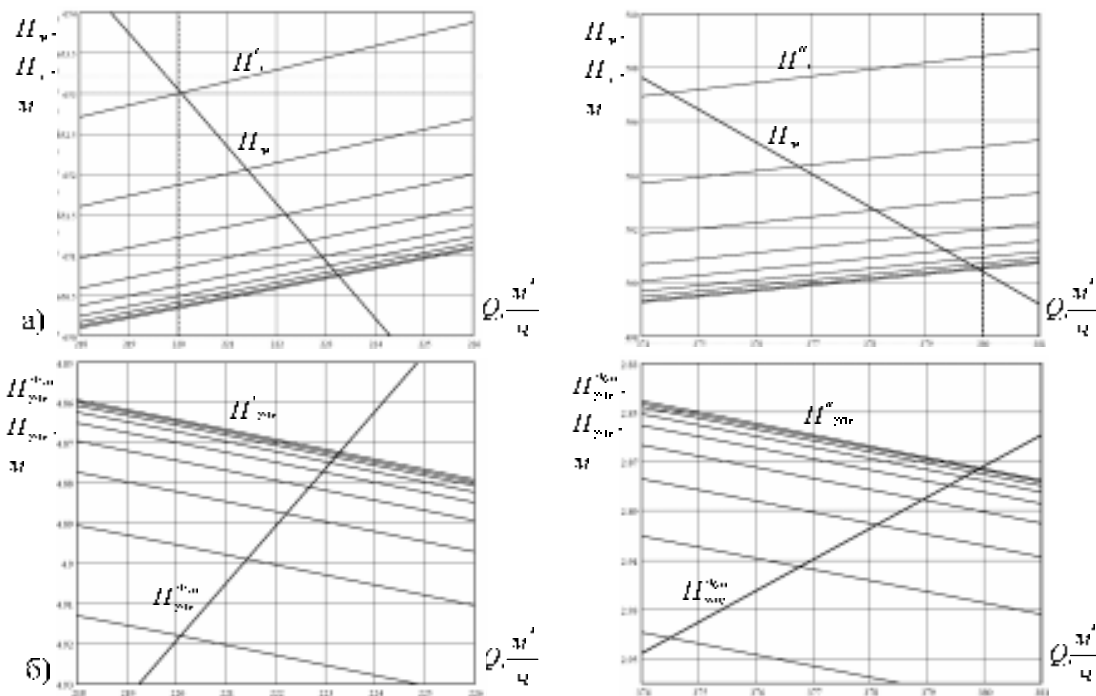


Рисунок – 1 Графики: а) напорных характеристик трубопроводной сети при разных геометрических высотах водоподъема; б) $H_{\text{вакк}}^{\text{доп}}, H_{\text{вакк}}$ в условиях безкавитационной работы установки

Построенные графики на рисунке 1 дают представление о значении пода-

чи насоса Q_n при регулировании с помощью степени открытия затвора проходного вентиля x , а также соответствующее ему значение уровня воды в водосборнике h . Эти данные можно использовать в уравнении изменения уровня воды в водосборнике:

$$F \cdot \frac{dh(t)}{dt} = Q_{in} - Q_n(t),$$

где F – площадь приемной емкости, m^2 ; $dh(t)/dt$ – изменение уровня воды во времени; Q_{in} – приток воды, $m^3/ч$; $Q_n(t)$ – изменение подачи насоса во времени (точки пересечения напорных характеристик насоса и трубопроводной сети при регулировании с помощью вентиля).

Решение данного уравнения имеет следующий вид:

$$h = \int \frac{1}{F} \cdot (Q_{in} - Q_n(t)) dt + C,$$

$$C = h_0 = 1,1 \text{ м (при } t = 0).$$

На рисунке 2 приведен график изменения уровня воды в водосборнике во времени.

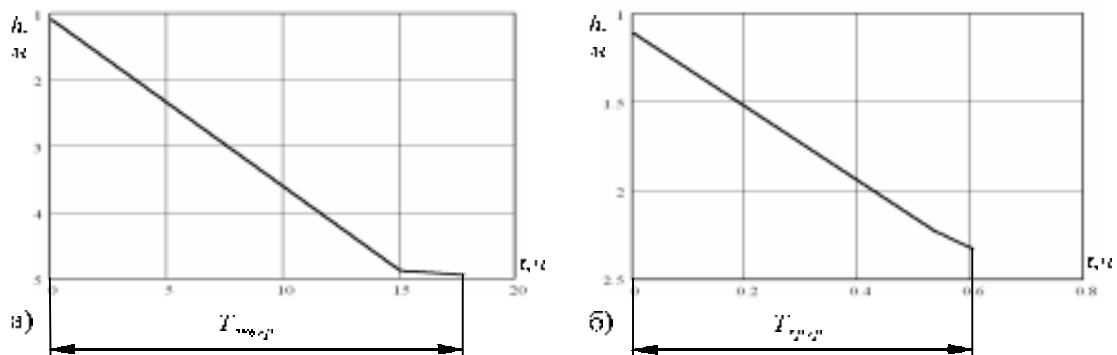


Рисунок 2 – Графики изменения уровня воды в водосборнике: а) на левой границе рабочей зоны; б) на правой границе рабочей зоны

Итак, как видно из рисунка 2, работа насосной установки наиболее эффективна во втором случае (на правой границе рабочей зоны насоса), поскольку время ($T_{нагн} = 0,603$ ч), за которое насос откачает воду с 1,1 до 2,151 м, меньше, чем время ($T_{нагн} = 17,741$ ч), за которое насос откачает воду с 1,1 до 4,648 м.

Полученная математическая модель может быть в дальнейшем использована в блоке управления насосной установкой в зоне промышленного использования насоса для определения уставок управления подачей насоса.

Перечень ссылок

1. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1987. – 280с.