

УДК 534.8

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ КАВИТАЦИОННОГО ЗАПАСА ШАХТНОЙ ВОДООТЛИВНОЙ УСТАНОВКИ

Веремьёв М.Н., студент; Гавриленко Б.В., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, м. Донецьк, Україна)

Явление кавитации в шахтных насосных установках любых принципов действия и конструкций возникает в случае достижения давлением величины упругости водяного пара при данной температуре, что для воды находится в пределах 0,02-0,14 атмосферного.

Основная особенность кавитационного режима потока заключается в том, что при наличии жидкости давление в потоке, равное упругости насыщенного пара является наименьшим возможным и одинаковым по всему сечению. Это обстоятельство оказывает существенное негативное влияние на режим работы насоса, условия эксплуатации рабочих колёс, а также может привести к возникновению вредных резонансных явлений [1].

Как правило, безкавитационный режим работы водоотливной установки (рис.1) достигается правильным выбором высоты всасывания, основное внимание при этом должно уделяться подводящему трубопроводу.

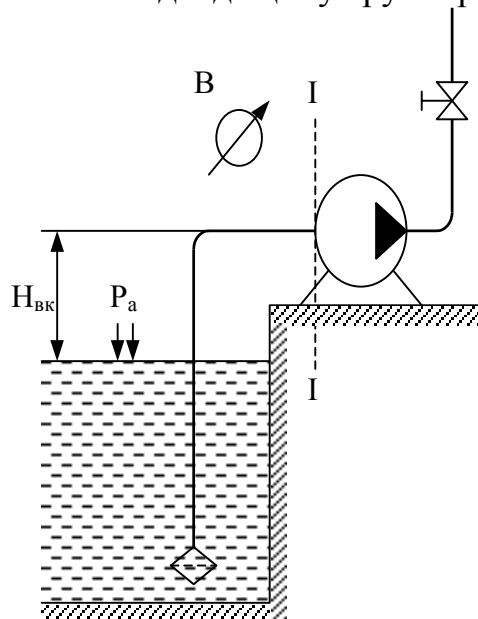


Рисунок 1 – Укрупненный вид шахтной водоотливной установки

На рис.2 представлены гидравлические характеристики водоотливной установки (рис.1). Рабочий режим водоотливной установки определяется точкой пересечения характеристик насоса $H_{нас} = f(Q)$ и нагнетательного трубопровода $H_{наг} = f(Q)$. Рабочая точка характеризует номинальные расход Q_H и подачу H_H насосной установки, а кавитационные характеристики всасывающей сети $H_{всac}$

и допустимая вакуумметрическая высота всасывания - $H_{вс}^{доп} = f(Q)$ соответственно режимы работы во всасывающем трубопроводе.

Жидкость перемещается по всасывающему трубопроводу под действием разницы статистических давлений между нулевым сечением и сечением I-I. (рис.1).

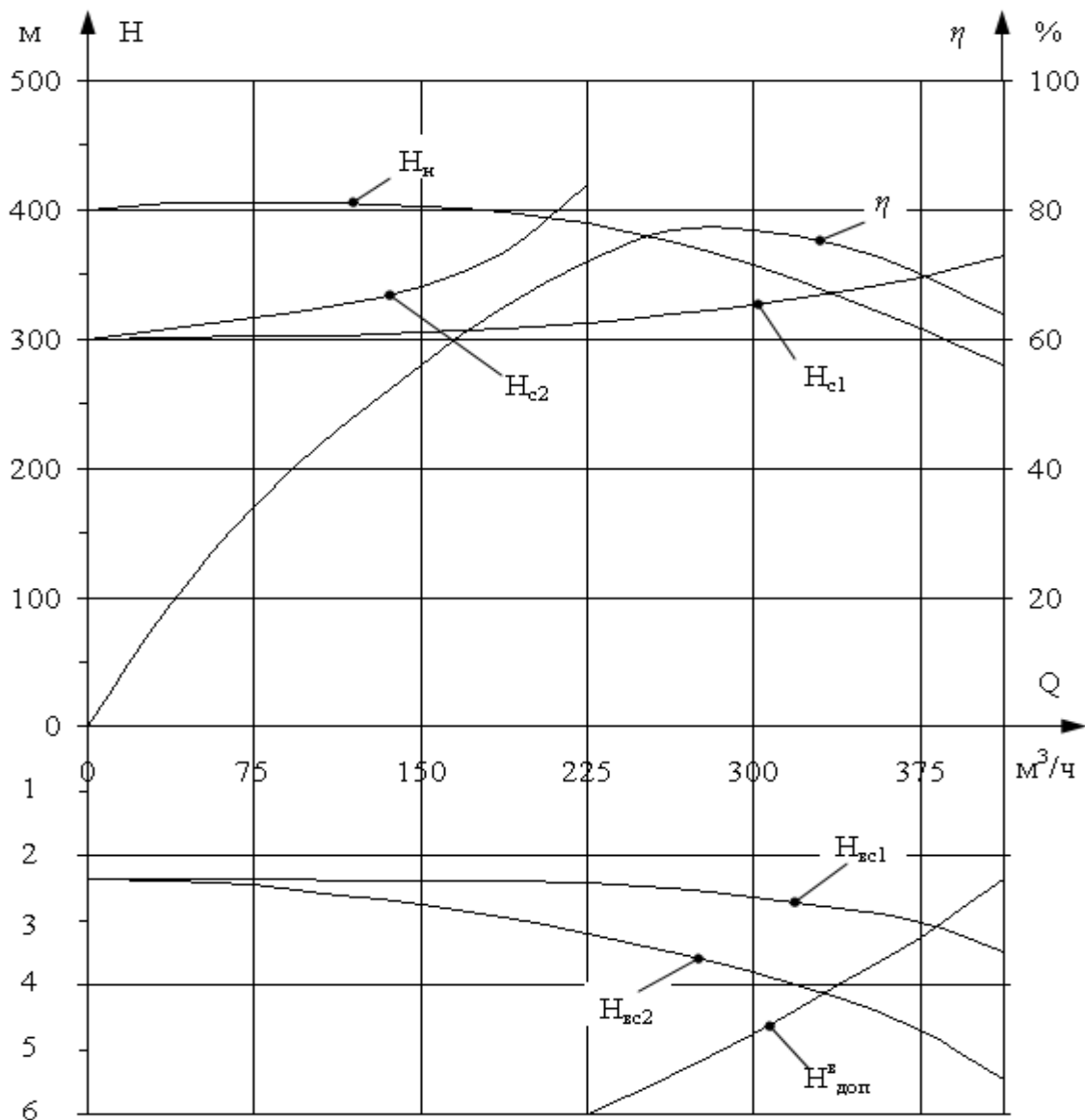


Рисунок 2 – Гидравлические характеристики водоотливной установки шахты «Моспинская» с насосом ЦНС-300х420

В сечении I-I в подводящем трубопроводе перед входом в насос (рис.1) давление измеряемое вакуумметром В:

$$P_{вас} = P_a - \rho g(H_{вк} + a_n Q^2) \quad (1)$$

где P_1, P_a – соответственно давление в сечении I-I и атмосферное;

$H_{вк}$ – вакуумметрическая высота всасывания;

$a_n Q^2$ – потери напора в подводящем трубопроводе.

В случае расположения насоса ниже уровня воды в водосборнике формула (1) примет вид:

$$P_{всас} = P_a + \rho g (H_{н.г.} - a_n Q^2) \quad (2)$$

где: $H_{н.г.}$ – геометрическая высота всасывания.

Однако, поскольку, схема водоотлива с расположением насоса выше уровня воды в водосборнике получила более широкое распространение, в качестве исходной принимается зависимость (1). Окончательно выражение для определения вакуумметрической высоты всасывания примет вид:

$$H_{вк.в} = \frac{P_a - P_1}{\rho g} \quad \text{или} \quad H_{вк.в} = H_{в.г.} + a_в \cdot Q^2 \quad (3)$$

где: $H_{в.г.}$ - геометрическая высота всасывания (рис.1).

Полный напор при входе в насос может быть выражен зависимостью:

$$H_I = \frac{P_{всас}}{\rho g} + \left(\frac{\omega_1^2}{2g} + H_{пот0-I} \right) \quad (4)$$

где: ω_1 – скорость воды на входе в рабочее колесо;

$H_{пот0-I}$ – потери напора между нулевым и первым сечениями.

Из (4) следует, что значение полного напора превышает пьезометрический напор при входе на сумму скоростного напора, определяемую относительной скоростью входа жидкости в каналы рабочего колеса и потерями напора.

Эта сумма при неизменном полном напоре в подводящем патрубке определяет давление на входе в лопатки рабочего колеса. При этом величина давления должна быть не менее упругости насыщенного пара. Таким образом, второе слагаемое представляет собой запас удельной энергии в сечении I-I (рис.1), который необходим для предотвращения кавитации. В этом случае величина кавитационного запаса определяется из выражения:

$$\Delta h = \frac{\omega_1^2}{2g} + H_{ном0-I} \quad (5)$$

Давление во входном патрубке, при расположении насоса выше уровня воды, меньше атмосферного и определяется вакуумметрической высотой всасывания, выражение для которой с учётом (3) и (4) имеет вид:

$$H_{вк.в} = \frac{P_a - P_{всас}}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} - \Delta h \quad (6)$$

Из (6) следует, что с ростом вакуумметрической высоты всасывания уменьшаются кавитационный запас и давление во всасывающем трубопроводе. Это давление при возможной наибольшей высоте всасывания и минимальном кавитационном запасе, становится равным упругости насыщенного пара, что приводит к нарушению сплошности потока и возникновению кавитации.

С целью практической реализации предлагаемого способа защиты водоотливной установки от кавитационных режимов на кафедре ГЭА разработана система статической стабилизации величины кавитационного запаса, структурная схема которой приведена на рисунке 3. Работа системы автоматической стабилизации кавитационного запаса сводится к следующему. Сигналы о расходе и давлении во всасывающем трубопроводе насосного агрегата через узел гальванической развязки и аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) по-

даются в микроконтроллер, в памяти которого зафиксированы характеристики насосного агрегата и гидравлические характеристики трубопровода (рис.2).

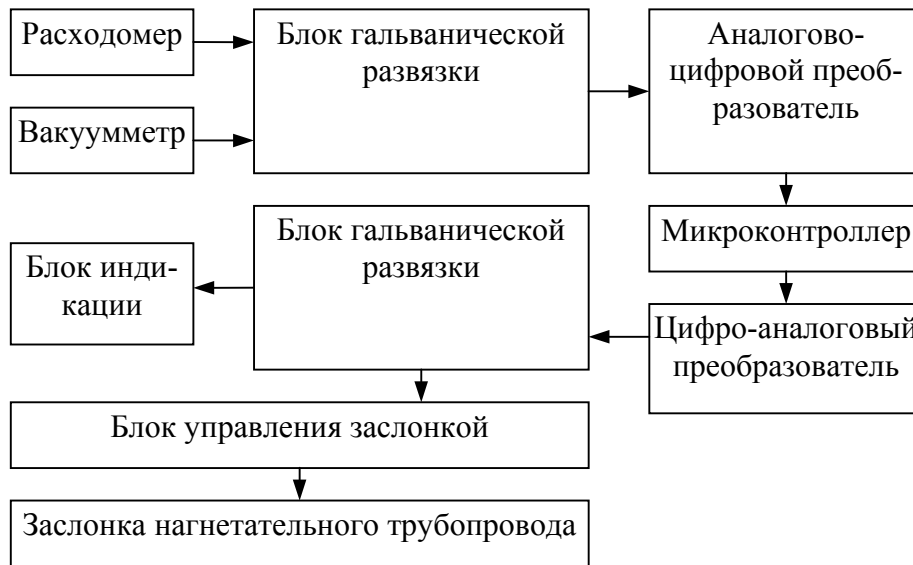


Рисунок 3 – Структурная схема системы автоматической стабилизации кавитационного запаса

По фактическому значению расхода во всасывающем трубопроводе из памяти микроконтроллера извлекается разностная величина допустимой вакуумметрической высоты всасывания и показаний вакуумметра. Полученный таким образом сигнал, соответствующий величине кавитационного запаса через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и выходной блок гальванической развязки поступает в блок управления заслонкой нагнетательного трубопровода, которая расположена между насосным агрегатом и управляемой задвижкой.

При снижении величины кавитационного запаса ниже некоторого критического значения, блок управления формирует команду на закрытие заслонки и изменение характеристики нагнетательного трубопровода (рис.2), а следовательно и режима работы водоотливной установки путем увеличения кавитационного запаса работающего насосного агрегата.

Таким образом, применение разработанной системы стабилизации кавитационного запаса позволяет улучшить условия эксплуатации насосных агрегатов, продлить их межремонтный срок службы за счёт снижения интенсивности износа рабочих колёс, а также решить задачу откачки зумпфов ниже уровня допустимой вакуумметрической высоты всасывания без применения дополнительных очистных установок.

Литература

1. В.Г. Гейер, Г.М. Тимошенко Шахтные вентиляторные и водоотливные установки - М.: Недра 1987. – 270 с.
2. В.А. Большаков Справочник по гидравлике – К.: Высша школа 1984. – 343 с.