

В.И.ШЕЛОГАНОВ
 Московский государственный
 горный университет

Определение режима работы гидромониторов

Основной особенностью внешних сетей насосно-гидромониторных установок по сравнению с насосными установками, методы расчета со сопротивления которых известны, является наличие в них гидромониторов, производительность и сопротивление которых в свою очередь зависит от напора на его входе, т.е. от режима работы насоса. С учетом этого, уравнение баланса энергии в насосно-гидромониторной установке будет иметь вид

$$(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = (z_{гм} - z_0) + h_0 + h_{нар} + \frac{V_H^2}{2g} + h_{гм}', \quad (1)$$

то есть, сопротивление внешней сети будет определяться зависимостью

$$H_c = H_r + h_0 + h_{нар} + \frac{V_H^2}{2g} + h_{гм}' \quad (2)$$

где $z_0, z_1, z_2, z_{гм}$ — высота расположения соответственно уровня поверхности воды в водосборнике, центров тяжести входного и нагнетательного патрубков насоса и оси гидромонитора над плоскостью сравнения, м;

P_1 и P_2 — давление соответственно на входе в насос и на выходе из него, Па;

V_1, V_2 — скорость движения жидкости со ответственно на входе в насос и на выходе из него; $h_0, h_{нар}$ — потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений соответственно во всасывающем и

нагнетательном трубопроводах, м;

V_H — скорость вылета струи из насадки, м/с;

$h_{гм}'$ — суммарные потери напора на преодоление сопротивлений в гидромониторе,

$H_r = (z_{гм} - z_0)$ — геодезическая высота подъема воды.

Одной из основных задач расчета насосно-гидромониторной установки является определение режима работы гидромонитора, чего до последнего времени сделать было невозможно. Однако, это можно сделать, если, по аналогии с напорной характеристикой насоса, ввести понятие «напорная характеристика гидромонитора», которая представляет собой зависимость суммарного расхода удельной энергии в гидромониторе $H_{гм}$ (м) от расхода жидкости через него Q (м³/с).

Как следует из (2)

$$H_{гм} = h_{гм}' + \frac{V_H^2}{2g} \quad (3)$$

В свою очередь суммарные потери напора в гидромониторе $h_{гм}'$ складываются из потерь напора собственно в гидромониторе $h_{гм}$ (м) и потерь напора в насадке h_n (м). Они, в свою очередь, определяются зависимостями [1]:

$$h_{гм} = kQ^2 \quad \text{и} \quad h_n = \xi_n \frac{V_H^2}{2g}, \quad (4)$$

где k — коэффициент потерь напора в гидромониторе, а ξ_n — коэффициент гидравлического сопротивления насадки.

С учетом (4) выражение (3) преобразуется к виду

$$H_{\text{ГМ}} = kQ_2 + (\xi_n + 1) \frac{V_n^2}{2g} \quad (5)$$

Выражая V_n через расход воды Q и диаметр насадки d_n (м), получим

$$H_{\text{ГМ}} = R_{\text{ГМ}} Q^2, \quad (6)$$

где: $R_{\text{ГМ}}$ — обобщенный коэффициент сопротивления гидромонитора

$$R_{\text{ГМ}} = k + \frac{0,0827(1 + \xi_n)}{d_n^4} \quad (7)$$

Численный анализ выражения (7) показал, что ее можно преобразовать к виду

$$R_{\text{ГМ}} = \frac{k'}{d_n^4} \quad (8)$$

где k' — коэффициент, зависящий от типа гидромонитора.

Величина коэффициента определялась экспериментально в промышленных условиях разреза «Колмогоровский» концерна «Кузбассразрезуголь». Опыты проводились на чистой воде, осветленной на гидротвале и на частично осветленной в зумпфе гидротранспортной установки воде плотностью до 1060 кг/м^3 .

В первом случае промышленная насосно-гидромониторная установка с гидромонитором ГМД-250М была оборудована электромагнитным расходомером «Индукция 51» с измерительным устройством ИУ-51 и интегратором С-1М. Давление на входе в гидромонитор измерялось образцовым манометром [2].

Во втором случае исследования производились на специальной опытно-промышленной внутриводопольной насосно-гидромониторной установке, включающей два последовательно соединенных землесоса ЗГМ-2М, которые забирали из зумпфа гидротранспортной установки осветленную в

нем воду и подавали ее к гидромонитору ГМД-250М. Измерение расхода производилось электромагнитным расходомером типа «УКС-И» (устройство контроля скорости), разработанным институтом «ВНИИГидроуголь». Образцовый манометр на входе в гидромонитор подключался через демпфирующее устройство, заполненное чистой водой.

Плотность частично осветленной воды определялась объемно-весовым способом по пробам, отбираемым с помощью специального пробоотборника. Во всех случаях опыты проводились с насадками диаметром 100, 110 и 125 мм.

Экспериментальные данные обрабатывались в координатах $H_{\text{ГМ}} = f(Q^2/d_n^4)$.

Результаты обработки показали, что при работе гидромонитора на чистой воде коэффициент $k' = 0,094$, а при работе на частично осветленной воде $k' = 0,096$.

Разница в значениях коэффициента k' , как видим, составляет 2%, что входит в точность экспериментальных работ. Поэтому можно считать, что и для чистой воды и для частично осветленной с плотностью до 1060 кг/м^3 , обобщенный коэффициент сопротивления гидромонитора ГМД-250М будет равен

$$R_{\text{ГМ}} = \frac{0,094}{d_n^4} \quad (9)$$

С учетом (6) обобщенный коэффициент сопротивления простой неразветвленной внешней сети насосно-гидромониторной установки выразится зависимостью

$$R_c = \left(\lambda \frac{L}{D} + \sum \xi \right) \frac{0,81}{gD^4} + R_{\text{ГМ}} \quad (10)$$

где λ — коэффициент линейных гидравлических сопротивлений трубопровода;
 L и D — полная длина и диаметр трубопровода, м;
 $\sum \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений.

При разветвленной внешней сети с различными диаметрами магистральных и забойных водоводов и гидромониторами с различными диаметрами насадок обобщенный коэффициент ее сопротивления будет выражаться зависимостью

$$R_c = \frac{R_{cm}}{n^2} + \frac{R_{ze}}{m^2} + \frac{R_1 R_2}{(\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2})^2}, \quad (11)$$

где R_{cm}, R_{ze} — коэффициенты сопротивления соответственно магистрального и забойного трубопроводов;
 n, m — количество соответственно магистральных водоводов и гидромониторов;
 R_1, R_2 — суммарные коэффициенты сопротивлений каждой группы однотипных гидромониторов.

Наличие зависимостей (6), (10) и (11) позволяет определять режим работы гидромонитора как традиционным графо-аналитическим способом [3], так и чисто аналитически. В последнем случае математическая модель для определения режима работы гидромонитора будет включать три уравнения:

- уравнение напорной характеристики насосной станции водоснабжения

$$H = \alpha_0 + \alpha_1 Q + \alpha_2 Q^2, \\ \alpha_0 = ia_0; \quad \alpha_1 = ia_1/z; \quad \alpha_2 = ia_2/z^2, \quad (12)$$

где a_0, a_1, a_2 — коэффициенты уравнения напорной характеристики насоса;
 i — количество насосов в последовательном соединении;
 z — количество насосов в параллельном соединении;

- уравнение характеристики внешней сети

$$H_c = H_r + R_c Q^2; \quad (13)$$

- уравнение напорной характеристики гидромонитора (6).

Определение режимов работы гидромониторов осуществляется в следующей последовательности:

$$Q_{g\Sigma} = \frac{-\alpha_1 - \sqrt{\alpha_1^2 - 4(\alpha_2 - R_c)(\alpha_0 - H_r)}}{2(\alpha_2 - R_c)}; \quad (14)$$

$$H_{g\Sigma} = H_r + R_c Q_{g\Sigma}^2;$$

$$Q_{gi} = Q_{g\Sigma}/z; \quad H_{gi} = H_{g\Sigma}/i; \quad (15)$$

$$H_{гм} = H_{g\Sigma} - \left(\frac{R_{cm}}{n^2} + \frac{R_{ze}}{m^2} \right) Q_{g\Sigma}^2; \quad (16)$$

$$Q_{гм1} = \sqrt{H_{гм}/R_{гм1}}; \quad Q_{гм2} = \sqrt{H_{гм}/R_{гм2}},$$

где $Q_{g\Sigma}$ — суммарная действительная подача насосной станции, м³/с;
 $H_{g\Sigma}$ — суммарный действительный напор насосной станции, м;
 Q_{gi} — действительная подача каждого насоса, м³/с;
 H_{gi} — действительный напор каждого насоса, м.
 $R_{cm1,2}, R_{ze1,2}$ — соответственно коэффициент сопротивления каждого гидромонитора из группы однотипных;
 $H_{гм}$ — действительный напор на входе в каждый гидромонитор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Нурок Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. - М.: «Недра», 1985г.
2. Шелоганов В.И., Павленко Г.В. Экспериментальные исследования характеристик гидромонитора ГМД-250. Изв. ВУЗов, Горный журнал, 1995, №1, 0.71-74.
3. Шелоганов В.И., Павленко Г.В. Определение режима работы обо рудования насосно-гидромониторных установок. - В сб. Новые техно логи и технические средства гидромеханизации и подводной добычи. М.: МГТУ, 1994, 0.61-69.

© В.И.Шелоганов