

результатов. Длительная эксплуатация прибора показала высокую стабильность измерений и сохранение чувствительности при многосуточных измерениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Petricek V. Q-meter for polarized target // Nucl. instrum. and Meth. - 1968. - 58, 111.
2. Matsuda T., Norikawa N., Nakanishi Ts. et al. Phase-sensitive Detector for the determination of the polarization. - Preprint DPNU-89-61. - Nagoya Univ., 1989.
3. Киселев Ю.Ф., Сирунян А.М., Степанян С.С. Q-метр с цифровым регистратором // ПТЭ. - 1991. - №1. - С. 99.
4. Киселев Ю.Ф., Матафонов В.Н. Измерение поляризации протонной поляризованной мишени. - Препринт P13-10101, ОИЯИ, 1976.
5. Сирунян А.М., Степанян С.С. Аппаратура для измерения степени поляризации протонов в поляризованной мишени // Изв. АН АрмССР. Физика. - 1989. - 24, вып. 4. - С. 193.
6. Баятян Г.Л., Парфенов Л.Б., Степанян С.С. Система измерения степени поляризации для поляризованной мишени. - Препринт ЕФИ-740(55)- 84. - Ереван, 1984.

ЕрФИ

10.01.1995

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLIX, № 1, 1996, с. 44-47.

УДК 532.542

ГИДРАВЛИКА

Э.П. АЦИЯНЦ

## СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАШЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Առաջարկվում է ճնշման խողովակաշարի վրա հակադարձ փականից հետո տեղադրել օդային խուց, իսկ նրանից հետո ավստի վրա անցք ունեցող հակադարձ փական, որը փոքրացնում է օդային խուցի ծավալը ճնշումը թուլատրելի սահմաններում պահելու պայմանով: Բերված են հաշվարկային առնչություններ և փորձնական հետազոտության արդյունքները:

Рекомендуется в начале напорного трубопровода насосной станции наряду с установкой воздушного колпака использовать также дополнительный обратный клапан с отверстиями в тарели, что позволяет значительно уменьшить объем воздуха в колпаке. Приведены расчетные формулы и результаты экспериментального исследования.

Ил. 2. Библиогр.: 4 назв.

An auxiliary inverted valve with orifices in plates is recommended to use at the beginning of the pressure pipeline of a pumping station alongside with an air valve installation, and this permits to decrease, to a great extent, the air volume in a valve. The estimated formulas and results of experimental studies are given.

Ил. 2. Ref. 4.

Одним из простых способов гашения гидравлического удара в напорных трубопроводах насосных станций является установка воздушного колпака в начале трубопровода. В [1] приводится зависимость, определяющая максимальный напор в начале трубопровода при установке воздушного колпака, которая имеет вид

$$H_m = H_r - CV_m K / g, \quad (1)$$

где  $H_r$  — абсолютный гидростатический напор в начале трубопровода;  $C$  — скорость распространения волны гидравлического удара;  $V_m$  — максимальная обратная скорость в трубопроводе при заполнении воздушного колпака водой;  $g$  — ускорение силы тяжести;  $K$  — коэффициент, значение которого зависит от параметров  $C$ ,  $H_r$ , а также  $l$ ,  $W_0$  и  $A$ , где  $W_0$  — объем воздуха в колпаке при абсолютном гидростатическом напоре  $H_r$ ;  $l$ ,  $A$  — длина и площадь сечения трубопровода.

В [1] приводится график зависимости коэффициента  $K$  от вышеуказанных параметров, согласно которому при больших значениях параметров  $H_r$ ,  $A$  и  $l$  для эффективного гашения гидравлического удара необходима установка воздушного колпака с большим объемом воздуха, что нецелесообразно, а в большинстве случаев невозможно. Поэтому наиболее рациональным представляется уменьшение обратной скорости течения жидкости в трубопроводе. Этого можно достичь путем установки на трубопроводе дополнительного обратного клапана с отверстиями в тарелки. На рис. 1 показана схема установки воздушного колпака на трубопроводе с дополнительным обратным клапаном.

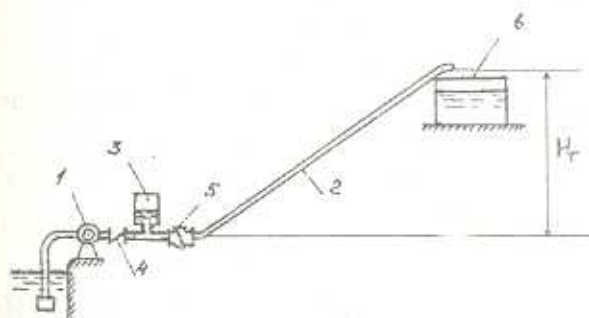


Рис. 1. Схема напорной установки

1 - насосный агрегат, 2 - напорный трубопровод, 3 - воздушный колпак;  
4, 5 - основной и дополнительный обратные клапаны, 6 - резервуар.

При наличии дополнительного обратного клапана с отверстием в тарелки задачами расчета являются: определение площади отверстия в тарелки дополнительного обратного клапана, обеспечивающей заданное повышение давления в трубопроводе; расчет максимальной скорости заполнения колпака водой и максимального повышения давления в трубопроводе; определение оптимального объема воздуха в колпаке при напоре  $H_r$ .

Расчет производится методом последовательных приближений. Первоначальный объем воздуха в колпаке определяется по формуле [1]:

$$W_0 = A \ell V_0^2 / 2g H_r [(H_r - H_{\min}) / H_{\min} - \ln(H_r / H_{\min})], \quad (2)$$

где  $V_0$  — скорость установившегося движения в трубопроводе;  
 $H_{\min}$  — минимальный абсолютный напор в колпаке.

Имея  $W_0$ , из уравнения Бернулли для неустановившегося движения получаем зависимость, определяющую объем жидкости, вытекшей из колпака при понижении давления от  $H_r$  до  $H_{\min}$ :

$$W_n = W_0 \ln(H_r / H_{\min}) + V_0^2 A l / 2g H_r \quad (3)$$

Если значение допускаемого напора в трубопроводе принять равным  $H_d = H_r + h_{\text{тр}}$ , где  $h_{\text{тр}}$  — потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений при установившемся движении, учитывая, что процесс сжатия воздуха в колпаке происходит по изотермическому закону, то согласно [2], площадь отверстия  $A$  в тарели обратного клапана определится как

$$A_1 = \frac{1.06(H_k - H_d)\sqrt{g}A}{\mu C \sqrt{H_d - H_{\min}} (W_0 + W_n) / [(W_0 - W_n) - g A t_n (H_k - H_d) / C]} \quad (4)$$

где  $H_k$  — максимальное значение напора в трубопроводе при наличии воздушного колпака и отсутствии отверстий в тарели дополнительного обратного клапана;  $\mu = 0.64$  — коэффициент истечения из малого отверстия;  $t_n$  — продолжительность повышения давления в трубопроводе до значения  $H_n$ .

Необходимо отметить, что при наличии воздушного колпака время значительно превышает фазу удара и определяется согласно [1, 3], а коэффициент сопротивления тарели с отверстием  $\xi_0$  — по формуле [4]:

$$\xi_0 = (A / A_1 \epsilon - 1)^2 \quad (5)$$

где  $\epsilon$  — коэффициент сжатия [4].

Значение максимальной скорости заполнения водой воздушного колпака рассчитывается по формуле [1]:

$$V_M = \sqrt{[a p^2 - b(p^2 s^2 - 2sp + 2) + (2b - a p^2) e^{-ps}] / p^3} \quad (6)$$

где  $a = 2g(H_r - H_{\min}) / \ell$ ,  $P = \xi / \ell$ ,  $b = 2g\beta H_{\min} / \ell$ ,  $\beta = A^2 / W_0 W_n$ ,  
 $S = W_n / A$

Зависимость  $V_M / V_0 - A_1 / A$  показана на рис. 2. Имея  $V_M$  и  $K$ , согласно (1) определяется максимальный напор в трубопроводе. Если он превышает  $H_r$ , то необходимо несколько увеличить объем воздуха в колпаке и расчет повторить.

Для выяснения корректности рекомендуемых расчетных формул были проведены соответствующие эксперименты на напорной установке, где было смонтировано предлагаемое устройство. Длина трубопровода экспериментальной установки  $\ell = 128$  м, диаметр трубопровода  $d = 100$  мм, абсолютный статический напор в месте установки воздушного колпака  $H_r = 30.5$  м. До и после воздушного колпака на трубопроводе установлены обратные клапаны диаметром 100 мм. Гидравлический удар в трубопроводе создавался путем обесточивания двигателя насоса, подающего воду в трубопровод. Скорость распространения волны гидравлического удара составляла  $c = 1100$  м/с.



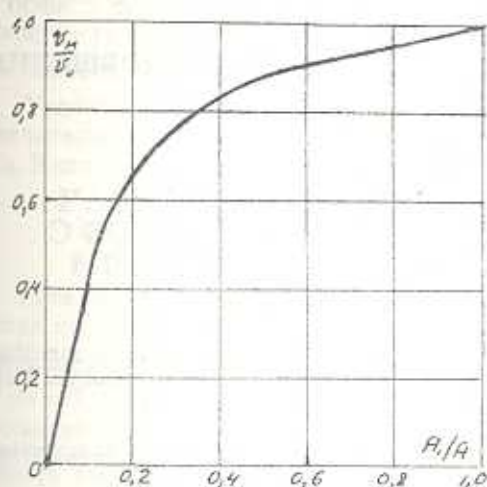


Рис. 2. Кривая зависимости  $H_M/H_0$  от отношения  $A_1/A$

отверстий в тарели дополнительного обратного клапана с суммарной площадью, равной  $A_1/A=0,05$ , и вышеуказанных значениях  $W_0$  и  $V_0$  максимальный абсолютный напор равен  $H_M=34$  м, т.е. не превышает его рабочего значения  $H_p = H_r + h_{тр} = 37,5$  м.

Таким образом, результаты расчета по предлагаемым формулам хорошо согласуются с экспериментальными данными, а использование дополнительного клапана с отверстиями в тарели позволяет значительно повысить эффективность гашения гидравлического удара и использовать воздушные колпаки с меньшим объемом воздуха.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ащиянц Э.П. Аналитические методы расчета воздушных колпаков-гасителей гидравлического удара // Изв. АН Армении. Сер. ТН.-1994. - Т.46, № 2. - С.
2. Ащиянц Э.П. Расчет площади отверстия в тарели обратного клапана с целью эффективного гашения гидравлического удара // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.-1982. - Т.27. 165.-С. 41-45.
3. Альшев В.М., Жаворонков Е.Г., Савостьянов А.Ф. Диаграммы для расчета воздушно-гидравлических колпаков-гасителей гидравлического удара // Вопросы проектирования оросительных систем: Сб. научн. тр. /Союзводпроект. - М., 1983. - С. 202-207.
4. Альтшуль А.Д., Животовский Л.С., Иванов Л.П. Гидравлика и аэродинамика. - М., 1987. - 414 с.

АрмНИИВПиГ

10. 03. 1992