и внутренней поверхности труб, отсутствуют крышки колодцев и требует капитального ремонта, замены или установки элементов и конструкций.

## Литература

- 1. Техническое состояние зданий и сооружений. СН 1.04.01-2020. Введ. 23.03.2021. Мн.: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. 66 с.
- 2. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СН 4.01.01-2019. Введ. 09.07.2020. Мн.: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. 73 с.
- 3. Противопожарное водоснабжение. СН 2.02.02-2019. Введ. 16.08. 2020. Мн.: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. 35 с.

УДК 628.112

## Определение КПД насоса-гидроэлеватора

Медведева Ю. А.  $^{I}$ , Ивашечкин В. В.  $^{I}$ , Шейко А. М.  $^{2}$  Белорусский национальный технический университет  $^{2}$ ОАО «Белгорхимпром» Минск, Республика Беларусь

В работе представлены лабораторные исследования гидроэлеватора на экспериментальной установке, а также расчет его производительности. По результатам приведенных измерений гидроэлеватор показал хорошую эффективность

При эксплуатации дебит многих водозаборных скважин вначале снижается, а затем они и вовсе полностью выходят из строя. Уменьшение и прекращение подачи воды из скважин происходит часто вследствие пескования: Песок осаждается в отстойнике и образует песчаную пробку, которая частично или полностью перекрывает фильтр. Для удаления песчаных пробок используют насосы — гидроэлеваторы, которые способны перекачивать пульпу и загрязненные жидкости [1, 2].

В БНТУ в лаборатории гидротехнических сооружений были проведены лабораторные исследования по определению коэффициента инжекции (u) и КПД ( $\eta$ ) гидроэлеватора на экспериментальной установке, представленной на рис. 1.

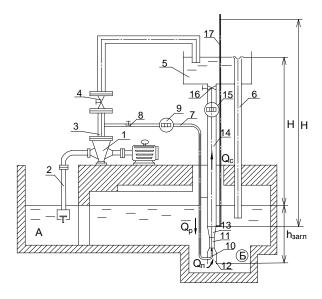


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: I — центробежный насос; 2 — всасывающая линия насоса; 3 — нагнетательная линия насоса; 4 — задвижка; 5 — напорный бак; 6 — холостой сброс; 7 — напорная труба; 8 — вентиль; 9 — водомер; 10 — сопло; 11 — смесительная камера; 12 — всасывающий патрубок; 13 — диффузор; 14 — отводящая труба; 15 — водомер; 16 — вентиль; 17 — пьезометр

Гидроэлеватор смонтирован в приямке Б водооборотного бассейна А (рис. 1). Работает он следующим образом. Рабочая жидкость с расходом  $Q_p$ , который измерялся по водомеру 9, подается центробежным насосом 1 в сопло 10 гидроэлеватора по напорной трубе 7. Струя истекает из сопла с большой скоростью  $V_p$ , которая зависит от напора, создаваемого центробежным насосом, и площади отверстия сопла. Струя поступает в смесительную камеру 11, давление на входе в нее падает ниже гидростатического и создается разрежение во всасывающем патрубке 12 гидроэлеватора. Из приямка Б в гидроэлеватор начинает поступать жидкость. В смесительной камере 11 происходит смешение 2-х потоков: рабочего и перекачиваемого, и передача части кинетической энергии от первого потока ко второму. В результате этого давление вдоль камеры смешения 11 непрерывно увеличивается, и кинетическая энергия суммарного потока частично переходит в энергию давления жидкости. Гидроэлеватор по отводящей трубе 14 подает в напорный бак 5 суммарный расход  $Q_c$ , который измерялся по водомеру 15, равный

$$Q_{c} = Q_{p} + Q_{n}, \tag{1}$$

где  $Q_n$  — полезный расход, откачиваемый из приямка Б. Для определения КПД гидроэлеватора использовали зависимость [3]

$$\eta = \frac{\Delta p_c}{\Delta p_p - \Delta p_c} \cdot u = u \cdot \left(\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}\right) \left(1 - \frac{\Delta p_c}{\Delta p_p}\right), \tag{2}$$

где  $\Delta p_c = p_c - p_u$ ,  $\Delta p_p = p_p - p_u$ .

Коэффициент инжекции  $u = \frac{Q_n}{Q_p}$ .

Давление инжектируемого потока перед гидроэлеватором

$$p_{u} = \rho g h_{3a2n}$$

где  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>; g – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $h_{3агл}$  – заглубление входа в гидроэлеватор под уровень воды.

Давление смешенного потока на выходе из диффузора [4]

$$p_c = \rho g H_c$$
,

где  $H_{\rm c}$  – показание пьезометра.

Давление рабочего потока перед гидроэлеватором

$$p_{\rm p} = \frac{\rho v_1^2}{2} (1 + K_{\rm n}) = \frac{\rho}{2} \cdot \left( \frac{Q_{\rm p} \cdot 4}{\pi d_1^2} \right)^2 \cdot (1 + K_n),$$

где  $v_1$  – скорость на выходе из сопла;  $K_n$  – потери напора в сопле;  $d_1$  – диаметр активного сопла.

Результаты лабораторных исследований гидроэлеватора приведены в табл. 1

Таблица 1

Лабораторные исследования гидроэлеватора

№ опыта	Расход рабочей среды $Q_I$ , л/с	Расход сум- марный $Q_3$ , л/с	Расход по- лезный <i>Q</i> <sub>2</sub> , л/с	Показания пьезометра $H_c$ , м	КПД, η, %
1	0,49	0,625	0,135	4,74	24
2	0,5	0,6	0,1	4,69	22
3	0,5	0,6	0,1	4,69	22
4	0,48	0,61	0,13	4,71	23
					$\eta_{cp}$ =23

Используя результаты опытов, определим КПД насоса-гидроэлеватора. Давление инжектируемого потока перед гидроэлеватором

$$p_{u} = 1000.9, 81.0, 67 = 6572, 7,$$

где  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $g = 9.81 \text{ м/c}^2 h_{3агл} = 0.67 \text{ м}.$ 

Давление смешенного потока на выходе из диффузора

$$p_c = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4,71 = 46205,1,$$

где  $H_c = 4,71$  м.

Давление рабочего потока перед гидроэлеватором

$$p_p = \frac{1000}{2} \cdot \left( \frac{0.48 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{3.14 \cdot 0.0068^2} \right)^2 \cdot (1 + 0.05) = 92050.4,$$

где  $K_n = 0.05$ ;  $d_1 = 0.0068$  м.

Коэффициент инжекции

$$u = \frac{0.13 \cdot 10^{-3}}{0.48 \cdot 10^{-3}} = 0.27 \cdot$$

Тогда

$$\Delta p_c = 46205,1 - 6572,7 = 39632,4,$$
  
 $\Delta p_p = 82050,4 - 6572,7 = 85477,7.$ 

Таким образом, КПД гидроэлеватора по формуле (2) составит

$$\eta = 0,27 \cdot \left( \frac{39632,4}{85477,7} \right) / \left( 1 - \frac{39632,4}{85477,5} \right) = 0,23 = 23\%.$$

## Литература

- 1. Авторское свидетельство СССР №1173076. А. М.Кл.4 F04F 5/00. Гидроэлеватор. / В. А. Романов, Н. А.Богомолов (СССР). Заявка №3688731/25-06; Заявлено 06.01. 1984; Опубл. 15.08.1985, Бюл. №30 // Открытия. Изобретения. 1985. №30.
- 2. Ивашечкин, В. В. Лабораторные испытания гидроэлеватора для извлечения песчаных пробок из скважин / В. В Ивашечкин, П. А. Автушко, А. Н. Курч, Ю. А Бобкова (Медведева) [и др.] // Наука образованию, производству, экономике: материалы 11-й Междунар. науч.-практ. конф.: в 4 т., Минск, 2013 г. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталев [и др.]. Минск, 2013. Т. 2. с.109.
- 3. Соколов, Е. А. Струйные аппараты / Е. А. Соколов, Н.М. Зингер. Москва: Энергия, 1970. 288 с.
- 4. Мугzаkhmetov, В. Методика расчетного моделирования режимов работы струйного насоса для транспортировки продуктивных растворов урана / В. Myrzakhmetov, S. Toktamissova, A. Sładkowski // Transport problems: materials XII international conference. Silesian University of Technology; editor A. Sładkowski [etc.]. Katowice Silesia, 2020. P. 528—538.