

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭРЛИФТНОЙ УСТАНОВКИ

А. С. Матвеенков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Эрлифтные установки часто используют для подъема жидкости с больших глубин посредством смешивания сжатого воздуха с жидкостью, вследствие чего смесь поднимается по трубопроводу. Основными недостатками эрлифтов можно назвать малую подачу, низкий КПД, большой расход сжатого воздуха. В рассматриваемой конструкции эрлифта [1] увеличение мощности достигается за счет установки расширяющихся насадок γ со спиралевидными канавками δ , а также за счет придания смесителю I формы гиперболоида вращения первого рода с циклоидальными направляющими. Подобная конструкция облегчает прохождение жидкости и улучшает диспергирование смеси. Для еще большего смешивания газа с жидкостью можно придать газовому потоку импульсные колебания.

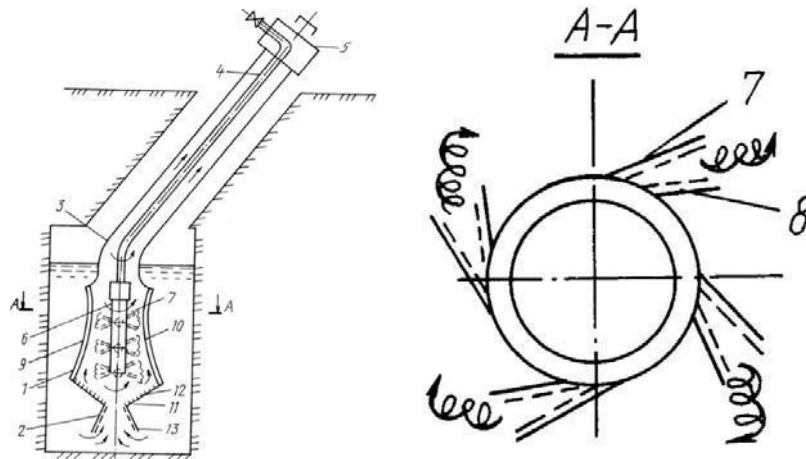


Рис. 1. Устройство эрлифтной установки [1]: 1 – смеситель; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – наклонная подъемная труба; 4 – наклонный воздуховод; 5 – воздухоотделитель; 6 – форсунка; 7 – насадки; 8 – спиралевидные канавки; 9 – гиперболоид вращения первого рода; 10 – циклоидальные направляющие; 11 – опрокинутый усеченный конус; 12 – штыри; 13 – суживающаяся насадка с внутренними криволинейными спиралевидными канавками

Кратко принцип работы установки можно описать следующим образом. Сжатый воздух по воздуховодам под давлением подают в смеситель 1 через форсунку 6 и расширяющиеся насадки 7 со спиралевидными канавками 8 на их внутренней поверхности. В них сжатый воздух закручивается и на выходе приобретает центробежные силы и интенсивно смешивается с рабочей средой, находящейся в подъемной трубе 3, заполненной по закону сообщающихся сосудов. Под действием избыточного давления сжатого воздуха рабочая среда начинает поступать по всасывающему трубопроводу 2 с внутренними спиралевидными канавками 13, в которых закручивается, дополнительно смешиваясь с сжатым воздухом, в подъемную трубу 3. Образующаяся водовоздушная смесь с твердыми включениями увлекается вверх эмульсией за счет разности плотностей рабочих сред, эффекта подсоса при совокупности действия смесителя 1, форсунки 6, всасывающего трубопровода 2, взаимодействие которых создает эффект водоструйного насоса и дефлектора. Подъемная сила рабочей среды возникает также за счет роста ее температуры при контакте с теплым сжатым воздухом, образующим адиабатический процесс, обеспечивающий эффект теплового насоса.

На рис. 1 в разрезе А–А показана схема движения газа через насадки, установленные в данной эрлифтной установке.

Целью данной работы является повышение эффективности работы эрлифтной установки.

Анализ эффективности работы эрлифтной установки можно определить, задавшись параметрами внешней среды и геометрическими размерами насадок.

К параметрам внешней среды относятся:

- атмосферное давление с учетом давления столба жидкости ($P_a = 1,5 \text{ bar}$);
- температура окружающей среды ($t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$).

Необходимые величины геометрических размеров выбираем следующими:

- угол установки насадок ($\alpha = 30^\circ$);
- радиус установки насадок ($r = 0,06 \text{ м}$).

Помимо геометрических размеров и параметров внешней среды, необходимо задать параметры установки:

- расход сжатого воздуха ($Q = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$);
- избыточное давление подаваемого газа ($P_{\text{и}} = 5 \text{ бар}$).

Мощность поступательно-вращающегося газового потока определяем по формуле [2]:

$$W = 0,5 \cdot Q \cdot \rho \left[v \left(1 - (\text{tg } 30^\circ)^2 \right) + \omega^2 \cdot r^2 \right], \quad (1)$$

где Q – расход сжатого воздуха; ρ – плотность воздуха; v – скорость газового потока.

Для заданных условий $W = 0,6963 \text{ кВт}$. При затраченной мощности без учета КПД компрессорной установки $W_i \approx 1 \text{ кВт}$.

Для повышения эффективности эрлифта в его конструкцию можно установить генераторы импульсной частоты для придания потоку газа высокочастотных колебаний. Выполним расчет мощности ультразвукового генератора и сравним его с первоначальным вариантом конструкции установки.

Ультразвуковой генератор Гартмона (рис. 2) устанавливается перед форсункой и подключается к подводящему патрубку. Частота акустических колебаний играет решающую роль в увеличении мощности генератора. Наибольший эффект достигается при резонансных частотах. На основе экспериментальных данных резонанс в ультразвуковом генераторе наступает при $f = 800\text{--}1100 \text{ Гц}$. С учетом необходимости достижения резонансных частот определяются геометрические размеры ультразвукового генератора.

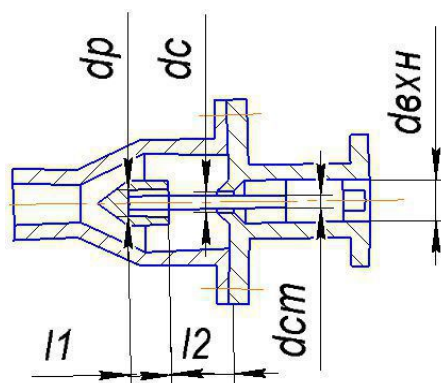


Рис. 2. Акустический газоструйный стержневой генератор Гартмона

Для удобства расчета предварительно определены геометрические параметры:

- глубина резонатора l_1 ; расстояние от сопла до входа в резонатор l_2 ; диаметр резонатора d_p ; диаметр стержня $d_{\text{ст}}$; диаметр сопла d_c .

Частоту генератора найдем по формуле [2]:

$$f = \frac{c}{4} \left(l_1 + 0,4 \cdot l_2 + (d_p - d_{\text{ст}}) \left(0,4 - 0,2 \frac{l_1}{d_c} \right) \right) 0,78 \cdot \sqrt[3]{P_{\text{и}} - 0,93}; \quad (2)$$

$$f = 838 \text{ Гц.}$$

Акустическая мощность, развиваемая единичным генератором, равна [2]:

$$W_a = 295 \left(\left(\frac{d_c - d_{ст}}{100} \right) \left(1 + 0,8 \cdot \frac{d_{ст}}{d_c} \right) \right)^2 \sqrt{\frac{P_n - 0,9}{P_a}}; \quad (3)$$

$$W_a = 0,048 \text{ кВт.}$$

Полная мощность газового потока определяется как

$$W_i = W + N \cdot W_a;$$

$$W(t)_i = 0,5 \cdot Q \cdot \rho(t) \left(v^2 (1 - \text{tg}^2 \beta^2) + \omega^2 \cdot r^2 \right) + N \cdot W_a, \quad (4)$$

где $N = 12$ число генераторов, равное количеству форсунок.

С учетом высокочастотных колебаний и уплотнения газа в импульсе суммарная мощность газового потока составила:

$$W_i = 1,2723 \text{ кВт.}$$

Проведен анализ работы эрлифтов. Определены основные недостатки. Предложен вариант повышения эффективности за счет создания вращательно-поступательно-колебательного потока газа. Установка ультразвуковых генераторов в эрлифтную позволяет увеличить мощность газового потока, диспергирующего газожидкостную смесь, более чем на 50 %, тем самым повышая эффективность работы всей установки в целом.

Литература

1. Пат. 2176037 Российская Федерация / Г. В. Викторов, Н. С. Кобелев. – 2011.
2. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / под ред. И. П. Голямина. – М. : Сов. энцикл., 1979. – 400 с.