

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 гиперboloида 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.

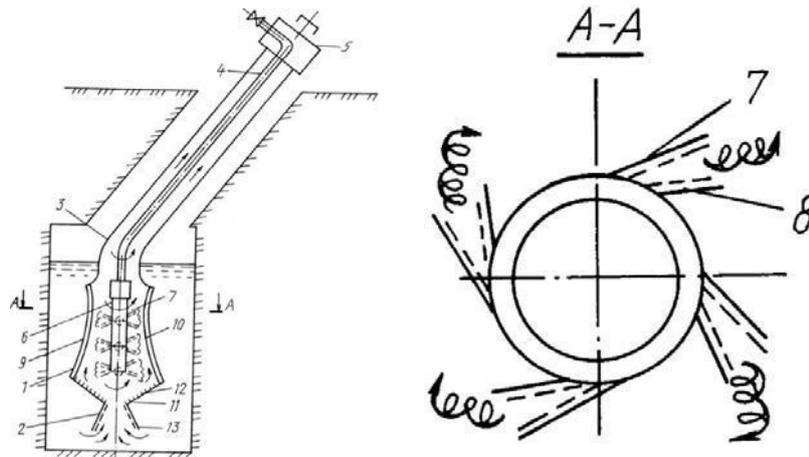


Рис. 1. Устройство эрлифтной установки [1]: 1 – смеситель; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – наклонная подъемная труба; 4 – наклонный воздухопровод; 5 – воздухоотделитель; 6 – форсунка; 7 – насадки; 8 – спиралевидные канавки; 9 – гиперболоид вращения первого рода; 10 – циклоидальные направляющие; 11 –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

Кратко принцип работы установки можно описать следующим образом. Сжатый воздух по воздухопроводам 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 подводному 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.

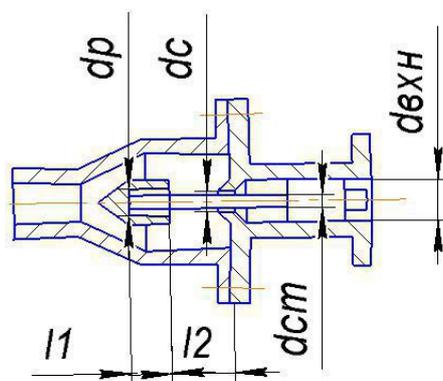


Рис. 2. Акустический газоструйный стержневой генератор Гартмона

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

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

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

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.