

УДК 622.5:621.695

## Работа эрлифта при постоянном расходе сжатого воздуха

Малеев В. Б., Игнатов А. В.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

### Аннотация

Исследованы параметры эрлифта работающего при постоянном расходе сжатого воздуха. Рассмотрены вопросы определения коэффициента производительности подъемной трубы эрлифта.

### 1. Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

Увеличение добычи угля является одним из приоритетных направлений развития современного топливно-энергетического комплекса Украины. Этот процесс требует дальнейшего совершенствования процессов водоотлива и очистки шахтных технологических емкостей от твердого материала. Одним из простейших средств откачки воды и пульпы из водоотливных емкостей является эрлифт, обладающий свойством самовыравнивания своей подачи.

При откачке жидкости или пульпы из шахтных технологических емкостей при неизменной длине подъемной трубы изменяется уровень жидкости в них и, соответственно, погружение смесителя, как геометрическое  $h$ , так и относительное  $\alpha$ . Рабочий режим перемещается на новую расходную характеристику (рис. 1). Оптимальный рабочий режим эрлифтной установки при  $\alpha = \text{const}$  определяется касательной, проведенной из начала координат к расходной характеристике – точка  $O$  ( $Q_{в.опт.}$ ;  $Q_{э.опт.}$ ). При изменении  $h$  или  $\alpha$  рабочий режим перемещается соответственно в точку 1 или 2, что приводит также к изменению расхода воздуха  $Q_{в.1}$  и  $Q_{в.2}$ . В качестве источников сжатого воздуха используются либо турбокомпрессоры, работающие на общешахтную сеть, либо более компактные и мобильные компрессоры объемного действия. При использовании турбокомпрессоров сжатый воздух поступает через общешахтную сеть, имеющей большую емкость. Согласно [1] изменение подачи воздуха в смеситель эрлифта при этом происходит не ранее чем через 10 секунд. Таким образом, при изменении погружения смесителя эрлифта расход воздуха остается практически постоянным и поэтому рабочий режим перемещается практически в точки 1' или 2', что не является оптимальным, так как КПД эрлифта будет меньше максимального значения.

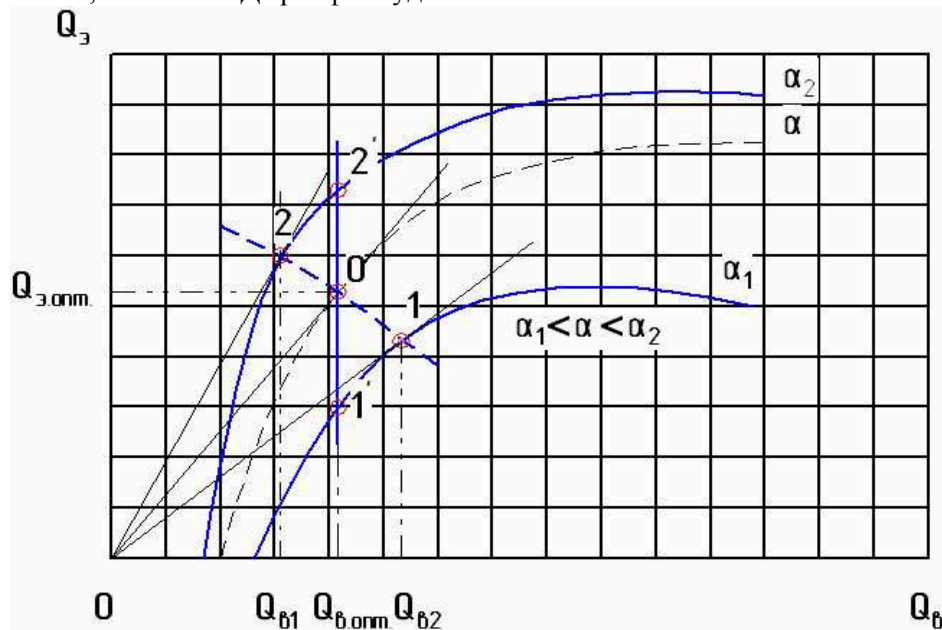


Рис. 1. Изменение рабочего режима эрлифта в процессе откачки

Таким образом задача определения параметров эрлифта при переменном погружении смесителя и постоянном расходе воздуха является актуальной.

## 2. Анализ исследований и публикаций

В настоящее время в литературе отсутствуют исследования, посвященные анализу варьирования подачи и КПД эрлифта при переменном погружении смесителя и постоянном расходе воздуха.

## 3. Постановка задачи

На основании поставленной проблемы и анализа публикаций ставится задача определения подачи эрлифта при переменном погружении смесителя (при переменном притоке жидкости в резервуар) и постоянном расходе воздуха.

## 4. Изложение материала и результаты

Как известно [2], подача эрлифтной установки

$$Q_э = C \cdot d_n^{2,5}, \quad (1)$$

где  $C$  и  $d_n$  – соответственно коэффициент подачи (производительности) и диаметр подъемной трубы эрлифтной установки.

Для анализа изменения коэффициента производительности эрлифта от относительного погружения при постоянном расходе сжатого воздуха использованы результаты исследований эрлифтов, в том числе и их расходных характеристик, проведенных в течении ряда лет в Донецком политехническом институте [2, 3, 4].

Согласно [3, 4] безразмерные расходные характеристики эрлифтов, построенные в координатах относительный расход сжатого воздуха  $\overline{Q_в}$  и относительная производительность эрлифта  $\overline{Q_э}$ , располагаются на дуге окружности, уравнение которой имеет вид

$$\overline{Q_э}^2 + (2 - \overline{Q_в})^2 = 2$$

В этом выражении  $\frac{Q_э}{Q_{э.онт.}} = \overline{Q_э}$  и  $\frac{Q_в}{Q_{в.онт.}} = \overline{Q_в}$ . График этой зависимости приведен на рис. 2.

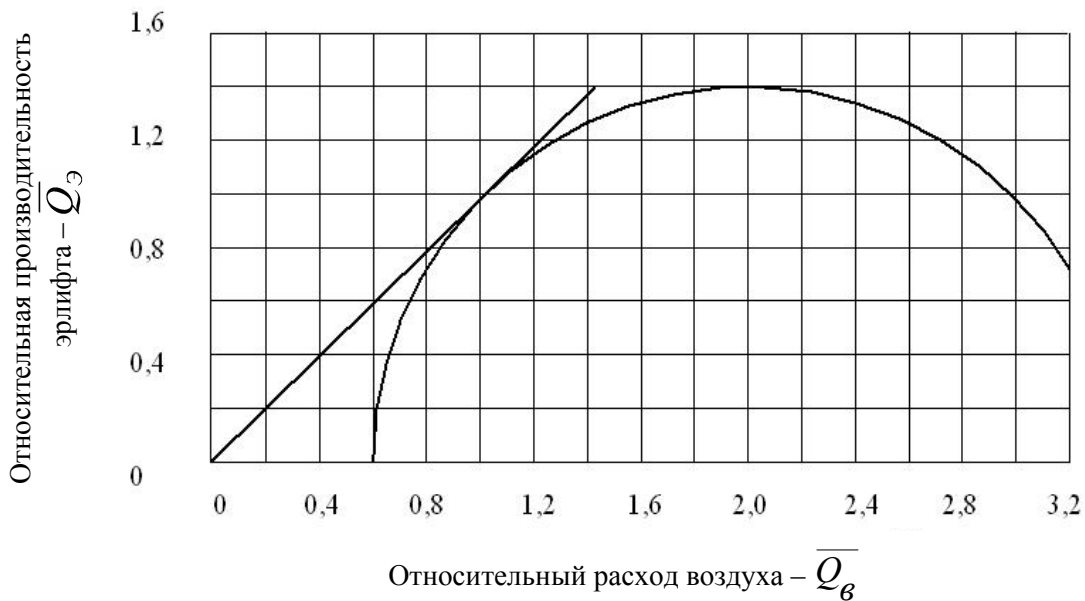


Рис. 2. Безразмерная характеристика эрлифта

Из рисунка 2 видно, что барботажному режиму работы эрлифта на этой характеристике соответствует точка с координатами (0,6; 0); оптимальному режиму – точка (1; 1); рабочему режиму эрлифта – точка с приблизительными координатами (1,2; 1,17), что соответствует [5].

Согласно [2] объёмный расход воздуха при котором подача эрлифта будет равна нулю (наблюдается барботажный режим работы)

$$Q_{\bar{o.o}} = (2...3)d_n^2(1-\alpha)\left(1 + \frac{\rho gh}{2P_a}\right), \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность транспортируемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;  $P_a$  – атмосферное давление, Па.

Минимальное значение относительного погружения смесителя эрлифта для приведенных в [3] экспериментальных данных составляет  $\alpha = 0,0815$ . При этом диаметр подъемной трубы  $d_n = 0,153$  м и длина подъёмной трубы  $H + h = 246$ . Определенное для этих данных по зависимости (2) значение объёмного расхода воздуха составляет:

$$Q_{\bar{o.o}} \approx 8 \text{ м}^3/\text{мин}, \text{ что соответствует } \overline{Q}_e = 0,6.$$

Сравнительный анализ формы расходных характеристик эрлифтов, приведенных в [2, 3, 4] и безразмерной характеристики эрлифта показывает, что для анализа экспериментальных данных о работе эрлифта целесообразно принимать следующий интервал значений относительного расхода воздуха  $\overline{Q}_e = 0,6-2,4$ ; так как режимы работы эрлифта, при которых  $\overline{Q}_e > 2,4$  не имеют практического применения, а эрлифт работает, как пневмотранспортное средство.

В связи с вышеизложенным для анализа экспериментальных расходных характеристик эрлифтов, приведенных в [3], принят следующий диапазон значений расхода воздуха  $Q_e = 8-32$  м<sup>3</sup>/мин. По зависимости (1) определялся коэффициент производительности эрлифта. При анализе обрабатывалась 140 режимных точек, полученных из экспериментальных данных [3]. Результаты анализа приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3 зависимости коэффициента производительности подъемной трубы эрлифта от относительного погружения смесителя при фиксированном расходе воздуха близки к параллельным прямым линиям, причем расстояния между этими линиями зависят от отношения  $Q_e/Q_{\bar{o.o}}$  и эта зависимость является нелинейной.

На рисунках 4 и 5 приведены: зависимость коэффициента производительности  $C$  от отношения  $Q_e/Q_{\bar{o.o}}$  при  $\alpha$  равном 0,399 и 0,75 и зависимость коэффициента производительности  $C$  от  $\alpha$  при расходе сжатого воздуха  $Q_e = 20$  м<sup>3</sup>/мин. Значение фиксированного расхода воздуха 20 м<sup>3</sup>/мин обусловлено достаточно широким распространением в практике откачки шахтных выработок компрессоров объёмного действия фирмы «Baueer» (Германия) имеющих давление 13 бар и производительность 20–23 м<sup>3</sup>/мин. В настоящее время эти компрессора применяются в ОАО «Государственная холдинговая компания „Спецшахтобурение“» при бурении и последующем осушении шахтных вентиляционных стволов.

Из рис. 4 видно, что зависимость  $C = f_1\left(\frac{Q_e}{Q_{\bar{o.o}}}\right)$  близка к экспоненциальной, а из рис. 5

видно, что зависимость  $C = f_2(\alpha)$  близка к линейной. В связи с этим для обобщения полученных зависимостей коэффициента производительности  $C$  от относительного погружения смесителя  $\alpha$  и отношения  $Q_e/Q_{\bar{o.o}}$  вводится приведенный коэффициент производительности подъемной трубы эрлифта

$$C_{np} = C - 2,574 \left( 1 - e^{-0,5\left(\frac{Q_e}{Q_{\bar{o.o}}} - 1\right)} \right) \quad (3)$$

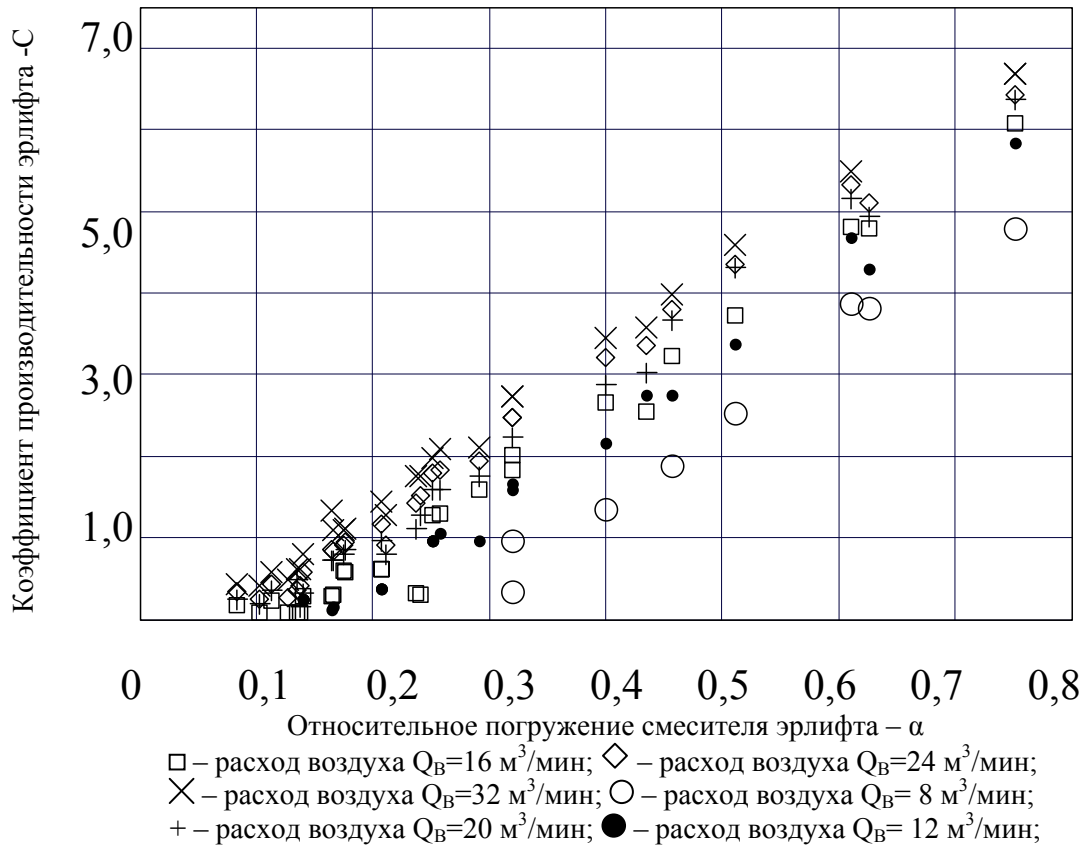


Рис. 3. Зависимость коэффициента производительности подъемной трубы эрлифта от относительного погружения смесителя

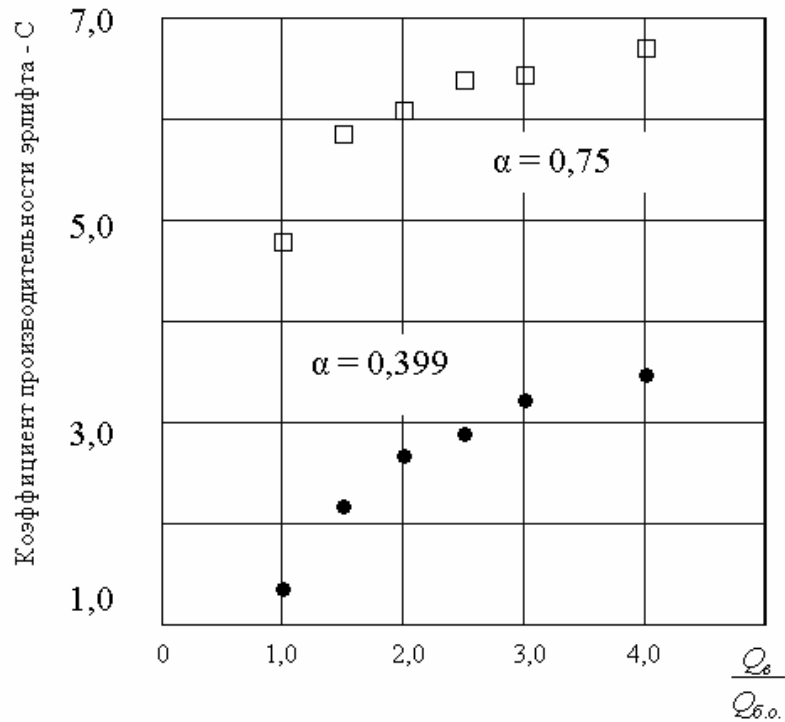


Рис. 4. Зависимость коэффициента производительности эрлифта от отношения расхода сжатого воздуха эрлифтом к минимальному расходу воздуха при барботаже

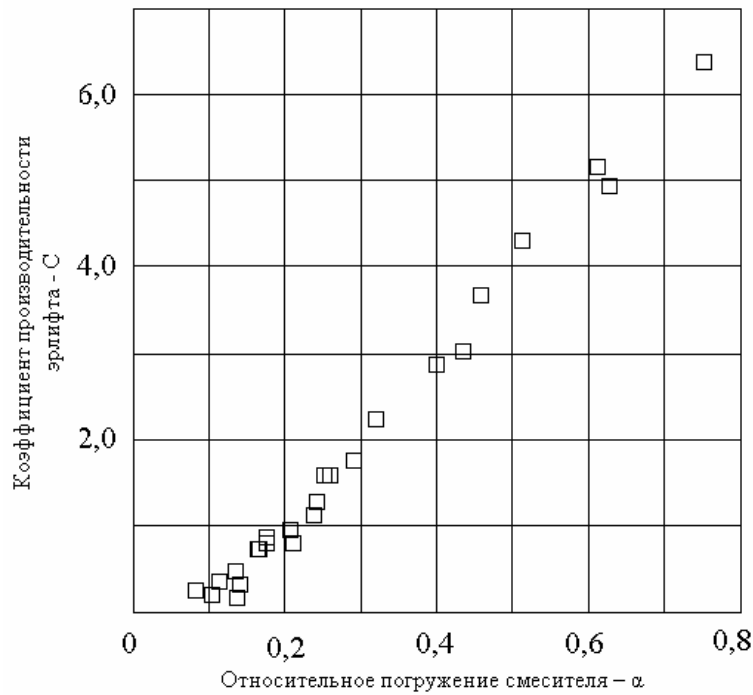


Рис. 5. Зависимость коэффициента производительности эрлифта от относительного погружения смесителя при расходе сжатого воздуха  $Q_B = 20 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

Полученные по зависимости (3) данные для 140 режимных точек приведены на рис. 6. Как видно из рис. 6 зависимость приведенного коэффициента производительности подъемной трубы эрлифта от относительного погружения смесителя является линейной.

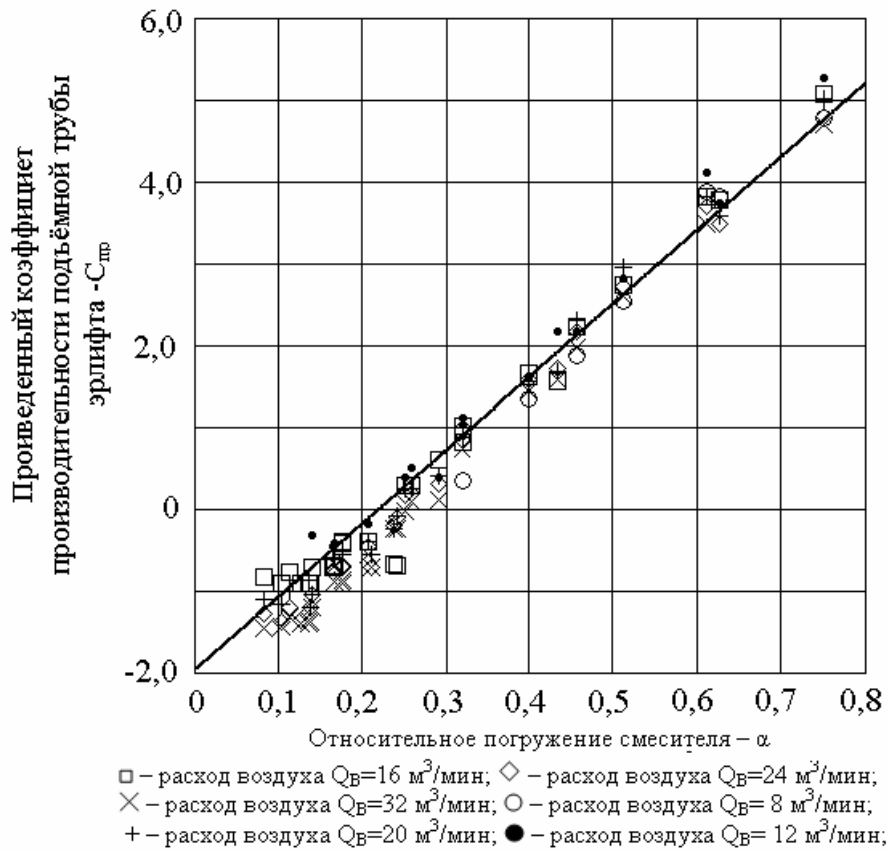


Рис. 6. Зависимость приведенного коэффициента производительности подъемной трубы эрлифта от относительного погружения смесителя

Уравнение регрессии в этом случае имеет вид

$$C_{np} = -1,96 + 8,96\alpha,$$

а коэффициент корреляции составляет 0,96.

Таким образом, зависимость для определения коэффициента производительности подъёмной трубы эрлифта при постоянном расходе воздуха имеет вид

$$C = -1,96 + 8,96\alpha + 2,574 \left( 1 - e^{-0,5 \left( \frac{Q_v}{Q_{б.о}} - 1 \right)} \right)$$

Полученная зависимость позволяет анализировать переходные процессы при откачке резервуаров ограниченного объема эрлифтными и насосно-эрлифтными установками.

### 5. Выводы и направление дальнейших исследований

Установлено, что зависимость коэффициента производительности эрлифта линейно зависит от коэффициента относительного погружения смесителя при фиксированном расходе сжатого воздуха. Полученные результаты позволят в дальнейшем исследовать переходные процессы в эрлифтных и насосно-эрлифтных установках, работающих при фиксированном расходе сжатого воздуха, разработать методики их расчета.

В дальнейших исследованиях следует выяснить также изменение КПД эрлифта при переменном притоке жидкости в резервуары.

### Библиографический список

1. Логвинов Н. Г., Стегниенко А. П. Исследование устойчивости систем автоматического регулирования эрлифтных гидроподъемов. – В сб. «Разработка месторождений полезных ископаемых». Вып.37, – Киев: Техника, 1974, с. 63–68
2. Эрлифтные установки: Учебное пособие / Гейер В. Г., Козыряцкий Л. Н., Пашенко В. С., Антонов Я. К. – Донецк: ДПИ, 1982. – 64 с.
3. Энциклопедия эрлифтов / Ф. А. Папаяни. Л. Н. Козыряцкий, В. С. Пашенко, А. П. Кононенко. – Донецк. 1995. – 592 с. : ил.
4. Гейер В. Г., Логвинов Н. Г. О свойствах безразмерных характеристик эрлифтов – В сб. «Разработка месторождений полезных ископаемых». Вып. 31, – Киев: Техніка, 1973, с. 51–56.
5. Стегниенко А. П. Зона раціональних режимів роботи ерліфта. Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-електромеханічна». випуск 12(11). – Донецьк, 2006, с. 260–263.

© Малеев В. Б., Игнатов А. В., 2008.