

УДК 622.276.52

**А.В. Игнатов (канд. тех. наук, доц.),**  
**А.П. Стегниенко (канд. тех. наук, доц.), Т.Ю. Варавкина**  
 ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк  
 кафедра «Теоретическая механика им. Н.Г. Логвинова»  
 E-mail: [teormeh@fimm.donntu.edu.ua](mailto:teormeh@fimm.donntu.edu.ua)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ЭРЛИФТА

*На основании ранее проведенных в ДПИ экспериментальных исследований выполнен теоретический анализ параметров оптимального режима работы эрлифта. Установлено, что зависимость интегрированного коэффициента подъемной трубы эрлифта от относительного погружения смесителя близка к гиперболической. Получены аналитические зависимости, позволяющие определять параметры оптимальных режимов работы подъемной трубы эрлифта. В дальнейшем необходимо исследовать влияние диаметра подъемной трубы эрлифта на его коэффициент полезного действия при постоянном расходе сжатого воздуха.*

**Ключевые слова:** коэффициент полезного действия, эрлифт, подъемная труба, оптимальный режим работы, смеситель, интегрированный коэффициент.

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

Топливо-энергетический комплекс Украины, главным ресурсом которой является уголь, производит 11% стоимости промышленной продукции страны.

Добыча угля постоянно растет, что приводит к увеличению глубины и мощности шахт и, в свою очередь, к увеличению притока воды в них. Одним из простейших средств откачки воды и пульпы из водоотливных емкостей является эрлифт.

Кроме того, увеличение глубины и мощности шахт приводит к увеличению потребления воздуха, что, в свою очередь, обуславливает необходимость проведения новых вентиляционных стволов и скважин. Одним из наиболее эффективных способов проведения вентиляционных стволов и скважин является бурение. При этом процесс подготовки ствола или скважины к сбойке с шахтой предусматривает откачку из них бурового раствора или воды. Применение эрлифта позволяет эффективно и в достаточно короткие сроки выполнить осушение стволов.

Одним из основных параметров эрлифта является коэффициент относительного погружения его смесителя:

$$\alpha = \frac{h}{h+H}, \quad (1)$$

где  $h$  – геометрическое погружение смесителя, м;  $H$  – высота подъема жидкости над уровнем жидкости в стволе, м.

При больших относительных погружениях смесителя эрлифта (более 0,6) его коэффициент полезного действия не меньше коэффициента полезного действия центробежного насоса. Однако, использование эрлифтного гидроподъема при малых значениях относительного погружения смесителя эрлифта приводит к увеличению затрат энергии по сравнению с насосными установками. Вместе с тем эрлифтные установки имеют простую конструкцию, в них отсутствуют подвижные части, они не требуют больших трудозатрат при обслуживании и значительно надежнее насосов при эксплуатации.

© Игнатов А.В., Стегниенко А.П., Варавкина В.Ю., 2013

В связи с изложенным выше, задача определения оптимальных параметров эрлифтных установок является актуальной.

**Анализ исследований и публикаций**

Как определено в работе [1], оптимальный режим работы эрлифта (установка работает с максимальным КПД) при данном относительном погружении эрлифта, определяется следующим образом: на графике расходной характеристики эрлифта (рис.1) из начала координат проводится касательная линия к расходной характеристике. Точка касания и обуславливает параметры оптимального режима, т.е. режима с наибольшим КПД.

В настоящее время в литературе отсутствуют исследования, посвященные аналитическому определению параметров оптимального режима работы в подъемной трубе эрлифта.

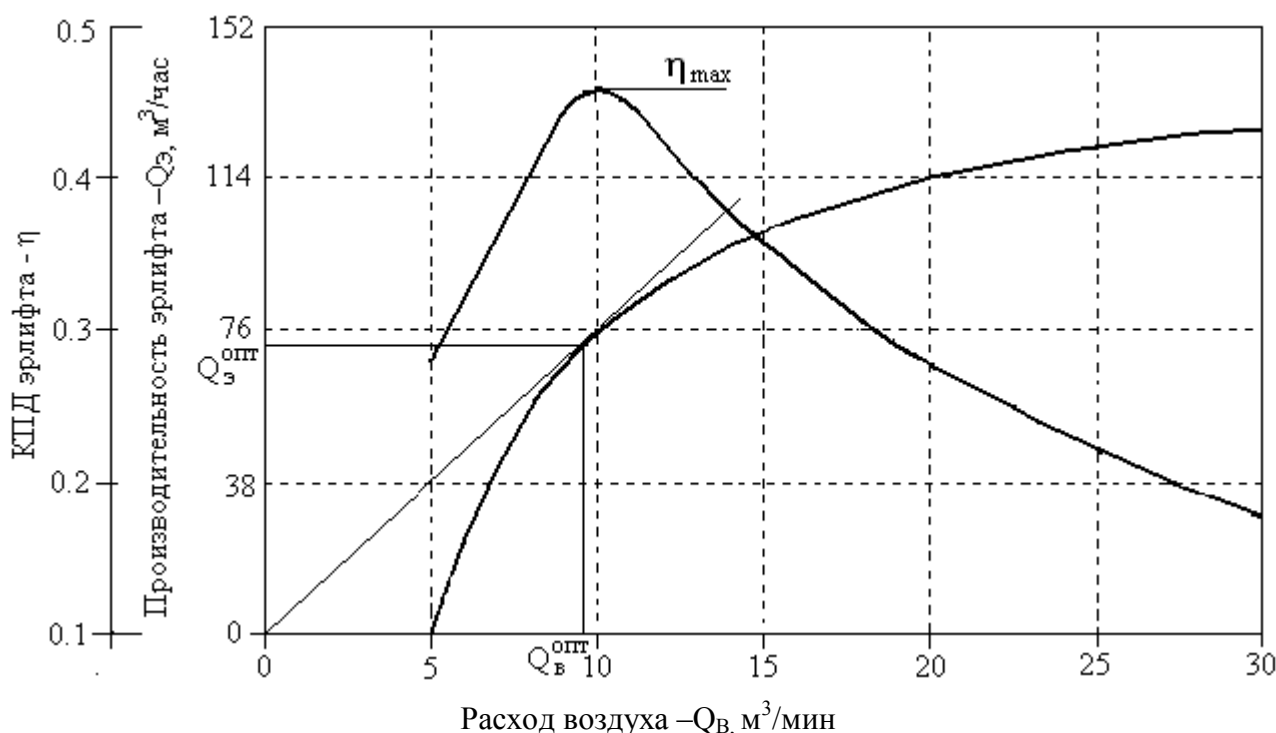


Рисунок 1 – Графическое определение оптимальных параметров подъемной трубы эрлифта

**Постановка задачи**

На основании поставленной проблемы и анализа публикаций ставится задача аналитического определения оптимальных значений расхода сжатого воздуха и подачи эрлифта.

**Изложение материала и результаты**

В работах [2,3] приведены расходные характеристики эрлифтов, полученные В.С. Костандой при осушении ствола шахты «Игнатьевская» (рис.2) при относительном погружении смесителя эрлифта  $\alpha = 0,165 \dots 0,750$ .

С помощью метода, описанного в [1], определены значения оптимального расхода сжатого воздуха подъемной трубой эрлифта для этих расходных характеристик.

В работах [1-3] указывается, что подача подъемной трубы эрлифта и расход сжатого воздуха определяются по зависимостям:

$$Q_3 = c \cdot d_n^{2.5}, \tag{2}$$

$$Q_6 = q \cdot Q_3, \tag{3}$$

где  $c$  – коэффициент производительности подъемной трубы эрлифта;  $d_n$  – диаметр подъемной трубы эрлифта, м;  $q$  – удельный расход сжатого воздуха.

Из (2) и (3) получаем:

$$Q_e = q \cdot c \cdot d_n^{2.5} \tag{4}$$

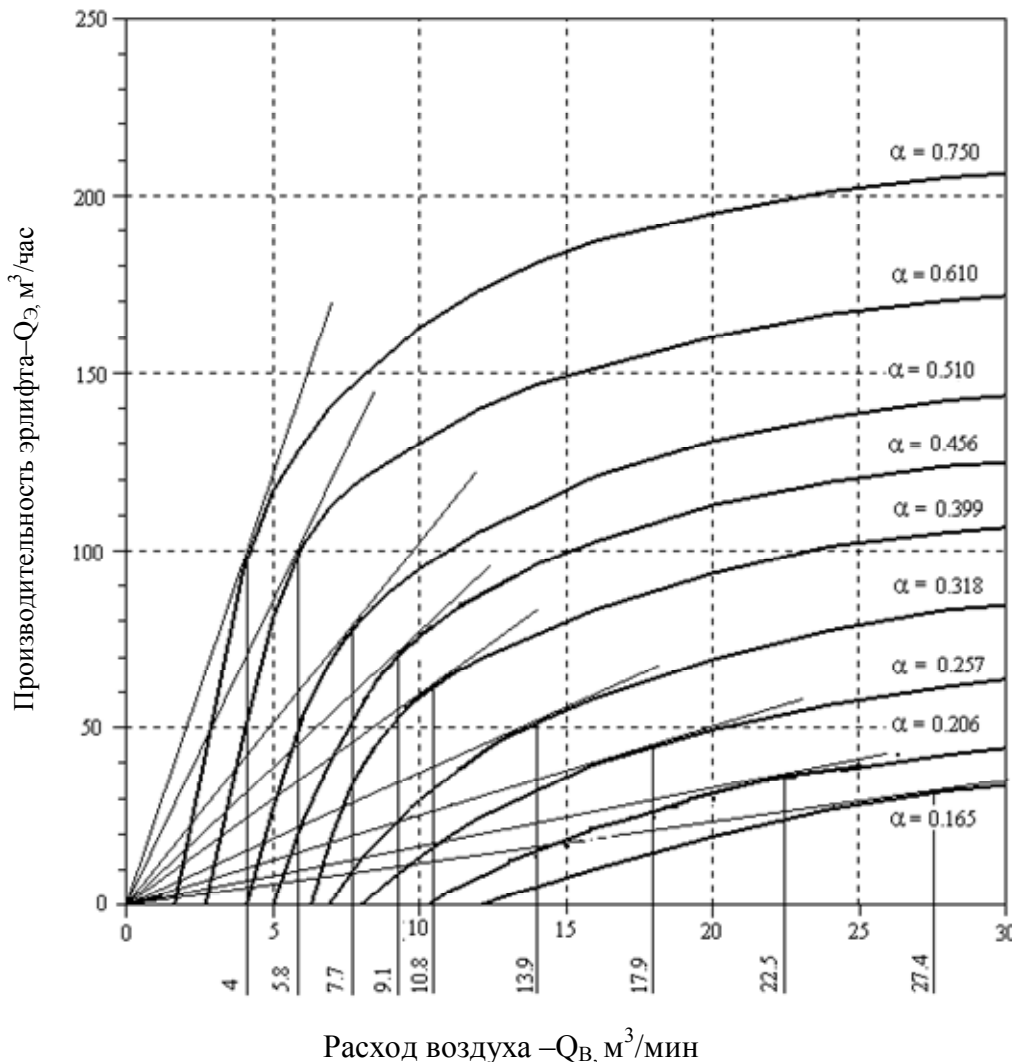


Рисунок 2 – расходные характеристики эрлифта при различных значениях относительного погружения

Отсюда получаем интегрированный коэффициент подъемной трубы эрлифта

$$K = \frac{Q_e}{d_n^{2.5}} = q \cdot c \tag{6}$$

Для оптимальных режимов:

$$K_{opt} = \frac{Q_e^{opt}}{d_n^{2.5}} = q_{opt} \cdot c_{opt} \tag{6}$$

где  $Q_e^{opt}$  – оптимальный расход сжатого воздуха;  $c_{opt}$  – оптимальный коэффициент производительности подъемной трубы эрлифта;  $q_{opt}$  – оптимальный удельный расход сжатого воздуха.

График зависимости (6) приведен на рис.3. Зависимость близка к гиперболической и аппроксимируется формулой (7) с коэффициентом корреляции 1.

$$K_{opt} = 9.632\alpha^{-0.723} - 7.935 \quad (7)$$

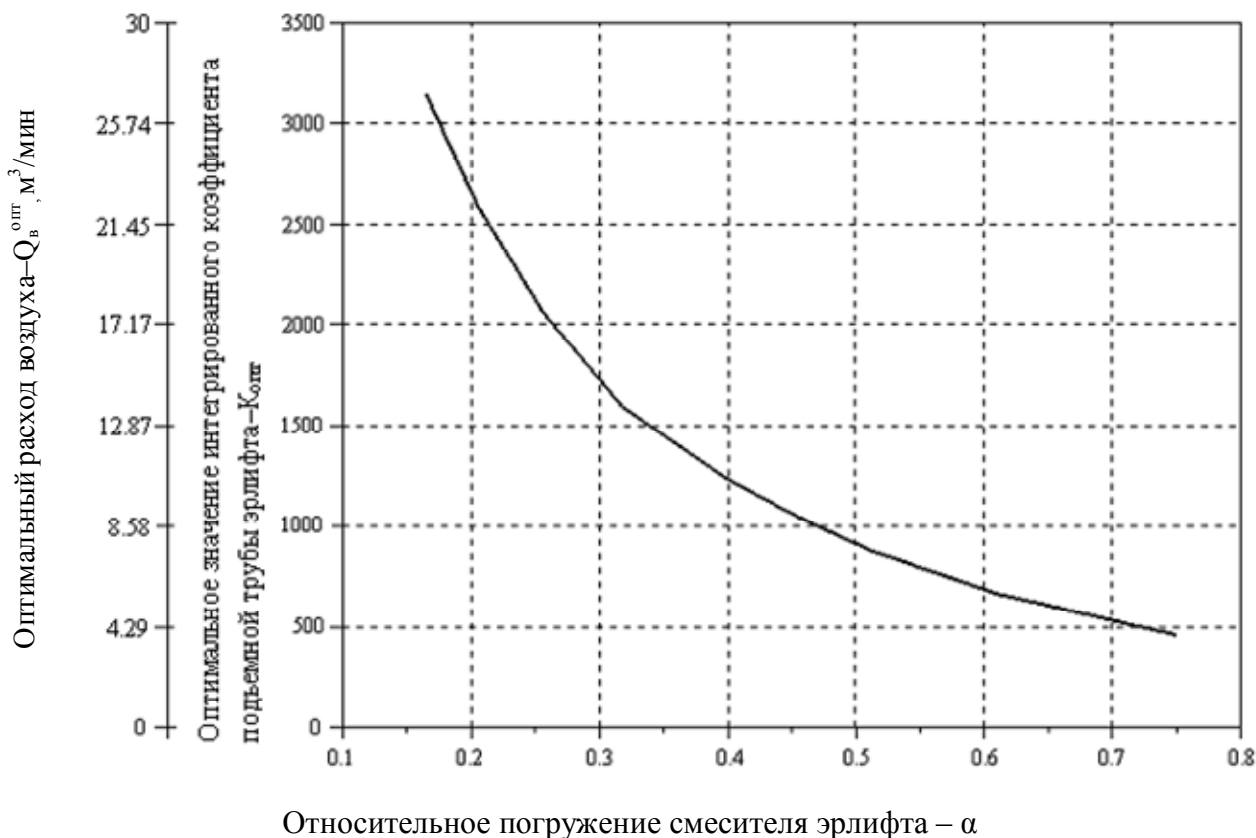


Рисунок 3 – зависимость оптимального расхода воздуха и оптимального интегрированного коэффициента от относительного погружения эрлифта

В работах [4,5] приведены зависимости для определения оптимального коэффициента производительности подъемной трубы эрлифта от коэффициента относительного погружения смесителя подъемной трубы эрлифта.

$$c_{opt} = -2,84 + 19,6\alpha - 15,5\alpha^2 \quad (8)$$

Таким образом, по заданному коэффициенту относительного погружения эрлифта и зависимостям (3)-(8) определяются параметры оптимального режима работы эрлифта.

**Выводы и направление дальнейших исследований**

Установлено, что зависимость интегрированного коэффициента подъемной трубы эрлифта от относительного погружения смесителя близка к гиперболической.

Получены аналитические зависимости, позволяющие определять параметры оптимальных режимов работы подъемной трубы эрлифта.

В дальнейшем необходимо исследовать влияние диаметра подъемной трубы эрлифта на его коэффициент полезного действия при постоянном расходе сжатого воздуха.

**Список использованной литературы**

1. Эрлифтные установки: учебное пособие / [В.Г. Гейер, Л.Н. Козыряцкий, В.С. Пашенко, Я.К. Антонов]. – Донецк: ДПИ, 1982. – 64 с.

2. Костанда В.С. Экспериментальные исследования эрлифта с переменными  $\alpha$  и  $D$  в условиях откачки ствола / В.С. Костанда // Труды ДПИ. – 1961. – Т. 62., Вып. 12. - С. 103-113.
3. Энциклопедия эрлифтов / [Ф.А. Папаяни. Л.Н. Козыряцкий, В.С. Пащенко, А.П. Кононенко]. – Донецк, 1995. - 592 с.
4. Логвинов Н.Г. Определение характеристик эрлифтов для подъема минерального сырья со дна глубоких водоёмов / [Н.Г. Логвинов, В.С. Костанда, А.В. Игнатов, З.З. Арутинова]. – Донецк, 1985. – 16 с. - Деп. В УкрНИИТИ, № 2390.
5. Игнатов А.В. Разработка эрлифтных и насосно-эрлифтных подъёмов гидросмеси с больших глубин: автореф. дисс...канд. техн. наук: спец. 05.05.06 / Игнатов А.В. – Донецк, 1988. – 19 с.

Надійшла до редакції:  
16.04.2013

Рецензент:  
д-р техн. наук, проф. Калініченко О.І.

**О.В. Игнатов, А.П. Стегнієнко, Т.Ю. Варавкіна**  
**ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»**

**Визначення параметрів оптимального режиму роботи ерліфта.** На підставі раніше проведених в ДПІ експериментальних досліджень виконано теоретичний аналіз параметрів оптимального режиму роботи ерліфта. Встановлено, що залежність інтегрованого коефіцієнта підйомної труби ерліфта відносного занурення змішувача близька до гіперболічної. Отримані аналітичні залежності, що дозволяють визначати параметри оптимальних режимів роботи підйомної труби ерліфта. Надалі необхідно дослідити вплив діаметра підйомної труби ерліфта на його коефіцієнт корисної дії при постійній витраті стислого повітря.

**Ключові слова:** коефіцієнт корисної дії, ерліфт, підйомна труба, оптимальний режим роботи, змішувач, інтегрований коефіцієнт.

**A.V. Ignatov, A.P. Stegnienko, T.U. Varavkina**  
**Donetsk National Technical University**

**Defining Optimum Airlift Parameters.** The increase in coal production involves increasing the depth of mines and, in its turn, the increase of water flow in them. In addition, the increase of the depth leads to the increase in air consumption and that causes the need for new ventilation shafts and wells. Drilling ventilation shafts and wells presupposes pumping out mud fluid and water. Airlift is an effective and simple device for draining shafts. But airlift facilities are rather power-consuming. The problem of defining the optimal parameters of airlift units is relevant, since their work in the optimal mode will reduce energy costs. On the graph of airlift flow characteristic the optimal performance for a given relative submerged airlift is defined by means of drawing a tangent line from the origin of coordinates to the flow characteristic. The tangent point will determine the parameters of the optimal mode, i.e. the mode with the highest efficiency. Currently, there are no published studies providing an analytical definition of the optimal parameters of the airlift lifting pipe operation mode. Proceeding from experimental studies we made a theoretical analysis of the optimal airlift parameters. Graphically we defined the values of the optimum consumption of compressed air and optimal performance for different values of airlift mixer relative submersion. We found out that the dependence of the optimal consumption of compressed air on the relative immersion of the mixer is close to hyperbolic. The concept of an integrated air-lift lifting pipe coefficient was introduced.

We obtained an analytical dependence for defining the optimal integrated coefficient as a function of the relative submersion, besides we derived dependencies for defining the optimal operating parameters of airlift lifting pipes. The influence of the airlift lifting pipe diameter on its efficiency with constant consumption of compressed air is to be studied in future.

**Keywords:** efficiency, airlift, lifting pipe, optimum performance, mixer, integrated coefficient.