

УДК 622.276.52

Канд. техн. наук ИГНАТОВ А. В. (ДонНТУ)

ПРИМЕНЕНИЕ ЭРЛИФТОВ ДЛЯ ОСУШЕНИЯ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ, ПРОВОДИМЫХ БУРЕНИЕМ

Увеличение добычи угля требует создания соответствующих режимов проветривания шахтных выработок, что, в свою очередь, приводит к необходимости проведения все большего числа шахтных вентиляционных стволов.

Технология сооружения шахтных стволов способом бурения предусматривает после окончания работ по их креплению откачку промывочной жидкости для проверки качества крепи и обеспечения безопасных работ по сбойке ствола с шахтными выработками.

Таким образом сроки ввода в эксплуатацию вентиляционных стволов существенно зависят от времени их осушения и задача определения оптимальных технологических схем их осушения является актуальной.

В отечественной и зарубежной практике широкое применение нашли эрлифты для откачки воды и пульпы из глубоких вертикальных горных выработок [1–3]. Так, применение эрлифтов дало возможность в короткие сроки откачать при восстановлении шахт Донбасса свыше 5 млн. м³ воды [3].

Из литературных источников [4, 5] также известно, что эрлифты широко используются при бурении скважин различного назначения: геологоразведочных, инженерно-геологических, для водоснабжения, разведки месторождений полезных ископаемых и т.п.

Эрлифты требуют меньших затрат времени на монтажные и наладочные работы, более просты и надежны в эксплуатации по сравнению с насосами, но имеют меньший КПД, который по мере откачки воды из ствола снижается и может достичь 10%.

На основании поставленной проблемы и анализа публикаций актуальной является задача определения возможной области применения эрлифтов для осушения вентиляционных стволов.

Для определения возможности применения эрлифтов получены следующие зависимости, позволяющие определять значения подачи эрлифта при переменных значениях погружения смесителя [7].

$$b_0 + b_1 G_{\Pi} + b_2 G_{\Pi}^2 + b_3 G_{\Pi}^3 + b_4 G_{\Pi}^4 + b_5 G_{\Pi}^5 + b_6 G_{\Pi}^6 = 0, \quad (1)$$

где G_{Π} – массовая производительность эрлифта, т/с;

b_0, \dots, b_6 – постоянные коэффициенты, зависящие от диаметра подъёмной трубы.

Расход воздуха, приведенный к нормальным условиям, определяется по зависимости /4/

$$Q_v = G_{\Pi} q, \quad (2)$$

где q – удельный расход воздуха.

$$q = \frac{H_d}{10 \eta_{из} \ln \left(\frac{P_{см}}{P_a + 1} \right)}, \quad (3)$$

где H_d – динамическая высота подъема, м;

$\eta_{из}$ – изотермический КПД эрлифта;

P_a – атмосферное давление, Па.

$$H_d = (H + h)(1 - \alpha), \quad (4)$$

где α - динамическое относительное погружение смесителя эрлифта.

В [7] установлено, что в заоптимальной зоне при $\alpha \geq 0,4$

$$\eta_{из} = \bar{\eta}(-0,192 + 2,34\alpha - 1,65\alpha^2)$$

где $\bar{\eta}$ – относительный КПД эрлифта.

На шахте «Горняк» ПО «Селидовуголь» была откачана часть вентиляционного ствола глубиной 476 м при помощи эрлифта с эквивалентным диаметром подъемной трубы 296 мм и диаметром подводящего трубопровода 330 мм. Экспериментальные и расчетные данные приведены в таблице 1.

Табл. 1. Параметры эрлифта при откачке ствола шахты «Горняк» ПО «Селидовуголь»

Нв, м	Qв, м ³ /с	h, м	Q _э ^{экс} , м ³ /с	Q _э ^{расч} , м ³ /с	δ, %
10	0,4	100	0,222	0,225	-1,6
30	0,4	80	0,139	0,128	8,0
50	0,4	60	0,056	0,051	8,9
67	0,4	43	0,012	0,011	8,3
118	0,8	65	0,033	0,034	-3,0
153	0,8	105	0,041	0,042	-2,4

В таблице 1 обозначено: H_v – уровень воды в стволе, м; Q_v – расход воздуха, м³/с; h – геометрическое погружение смесителя, м; $Q_{э}^{экс}$, $Q_{э}^{расч}$ – экспериментальное и расчетное значение производительности эрлифта, м³/с; δ – относительное отклонение теоретических данных от экспериментальных, %.

В работах [8, 9] приведены данные экспериментальных исследований эрлифтов с высотой подъема $H = 8$ м, диаметром подводящего и подъемного трубопроводов 0,3 м, геометрическим погружением смесителей 100 и 130 м и длиной подводящего трубопровода $l_{хв}$, равной 5 и 340 м, при работе на воде. Эти экспериментальные данные и результаты расчетов по приведенной выше методике показаны на рисунках 1 и 2. Максимальное относительное отклонение не превышает 10,4%. Сравнение полученных экспериментальных данных с результатами расчетов, проведенных по приведенной выше методике, показывает на их удовлетворительную сходимость.

Для определения возможности эффективной откачки стволов различной глубины при помощи эрлифтов на основании метода, предложенного в [7], выполнены расчеты расходных характеристик эрлифтов для следующих исходных данных: глубина ствола $H_c = 100 \dots 500$ м; диаметр подъемной трубы $d_n = 0,129; 0,2; 0,33$ м; геометрическое погружение смесителя $h = 10 \dots 100$ м, высота водоподъема $H = 0 \dots 500$ м.

Из условий безопасности и эффективности проведения работ при анализе расчетных данных приняты следующие ограничения: высота столба воды в стволе после окончания откачки не должна превышать 50 м, производительность установки должна быть не менее 20 м³/час; КПД эрлифта должен быть не менее 15%.

Результаты расчетов приведены на рисунках 3...5, где $H_{v \max}$ – максимально допустимый остаточный уровень воды в стволе, отсчитываемый от устья ствола. Наличие максимума КПД на рисунке 3 свидетельствует о том, что в начале откачки эрлифт работает в заоптимальной зоне семейства расходных характеристик и, по мере откачки и понижения уровня воды в стволе, а, следовательно, и увеличения высоты

подъема, режим приближается к оптимальному, а затем переходит в дооптимальную зону.

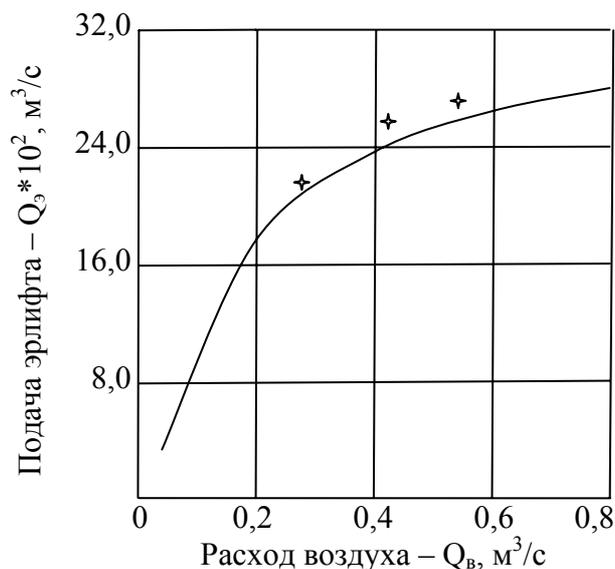


Рис. 1. Расходная характеристика эрлифта при $H=8\text{м}$; $h=100\text{м}$; $l_{\text{хв}}=340\text{м}$.

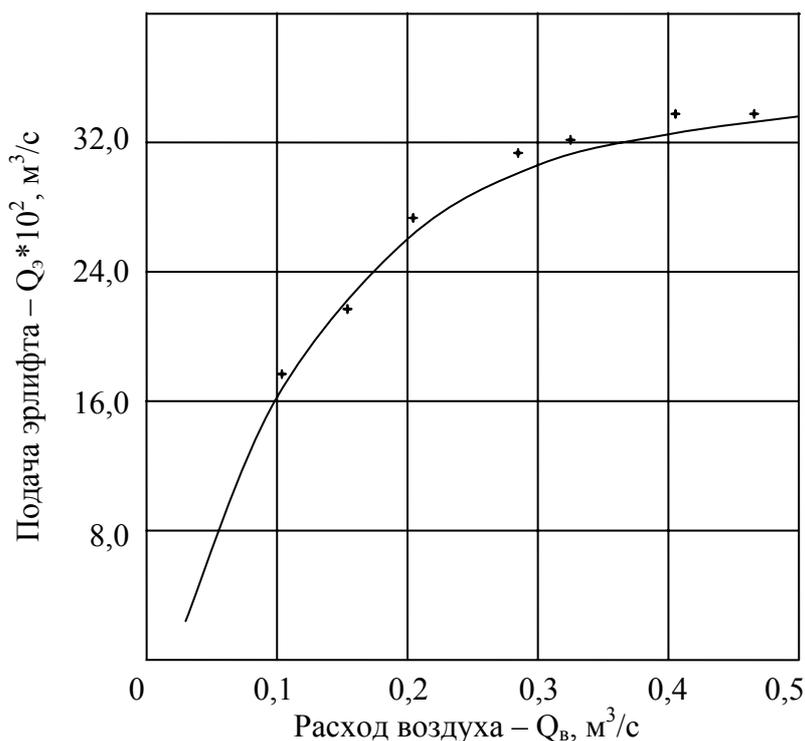


Рис. 2. Расходная характеристика эрлифта при $H=8\text{м}$; $h=130\text{м}$; $l_{\text{хв}}=5\text{м}$.

Результаты расчетов приведены на рисунках 3–5, где $H_{\text{в max}}$ – максимально допустимый остаточный уровень воды в стволе, отсчитываемый от устья ствола. Наличие максимума КПД на рисунке 3 свидетельствует о том, что в начале откачки эрлифт работает в заоптимальной зоне семейства расходных характеристик и, по мере откачки и понижения уровня воды в стволе, а, следовательно, и увеличения высоты подъема, режим приближается к оптимальному, а затем переходит в дооптимальную зону.

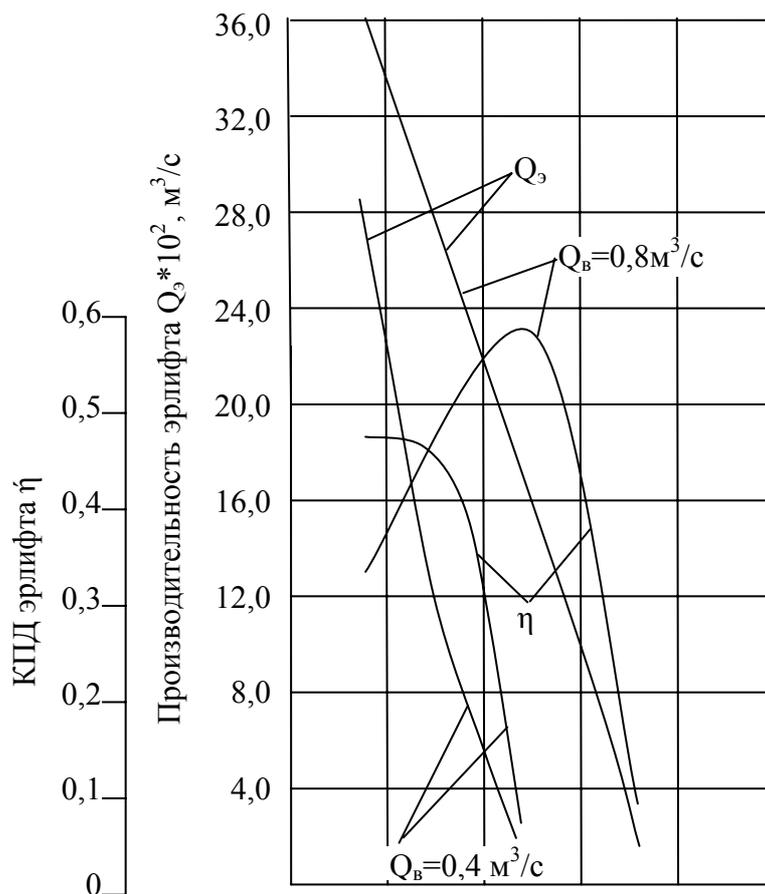


Рис.3. Зависимость производительности и КПД эрлифта от уровня воды в стволе глубиной 100 м при $d_{\text{п}}=0,33\text{м}$ и $l_{\text{хв}}=0$.

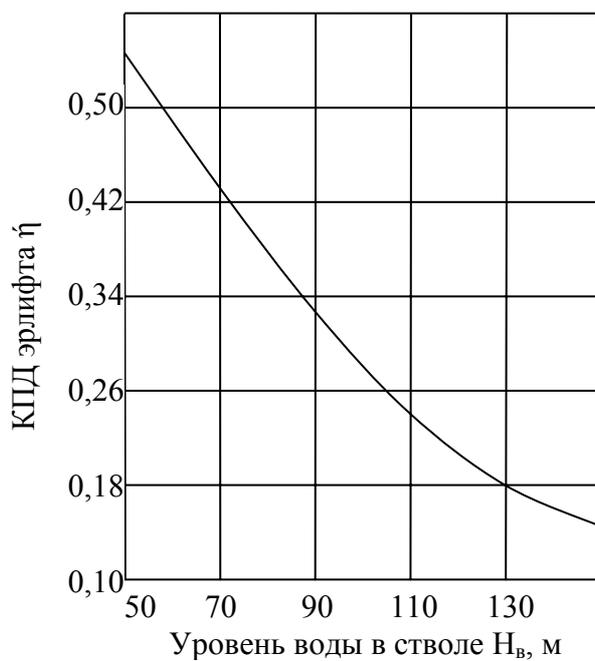


Рис. 4. Зависимость КПД эрлифта от уровня воды в стволе глубиной 400м при $d_{\text{п}}=0,33\text{м}$; $h=100\text{м}$; $Q_{\text{в}}=0,8 \text{ м}^3/\text{с}$

Анализ расчетов показывает, что при глубине ствола 100 м и диаметре трубопровода 0,129 м откачка при расходе воздуха больше 0,4 м³/с нецелесообразна, так как для всех режимов работы в этом случае КПД меньше 0,15.

Из рисунка 5 следует, что с учетом принятых выше ограничений, можно эффективно откачивать стволы глубиной до 400 м при использовании труб с внутренним диаметром 0,129...0,200 м и глубиной до 200 м – для труб диаметром 0,33 м.

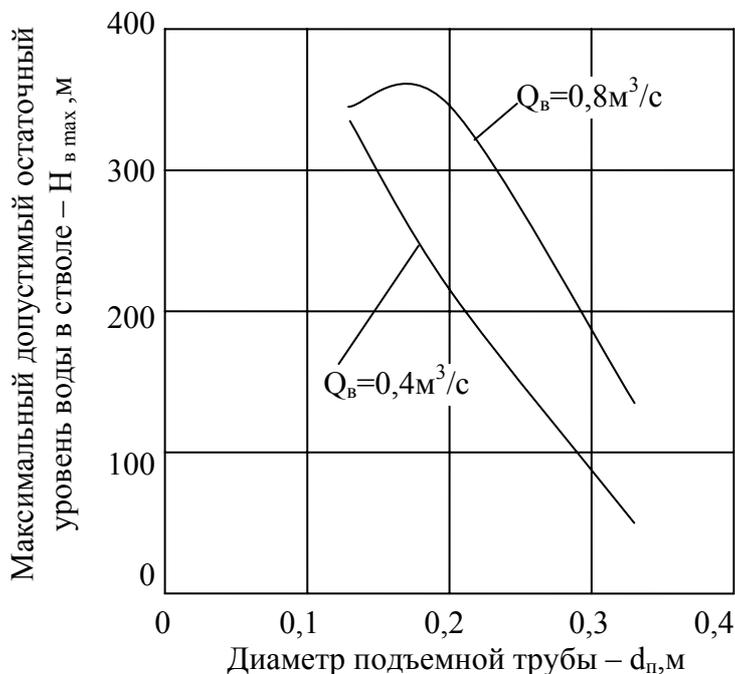


Рис. 5 Зависимость максимального допустимого остаточного уровня воды в стволе от диаметра подъемной трубы эрлифта

С целью расширения возможности применения эрлифтов для осушения шахтных вентиляционных стволов в дальнейших исследованиях необходимо выполнить анализ применения ступенчатых технологических схем эрлифтного водоотлива и вакуум-эрлифтов.

Библиографический список

1. **Веселов А. И.** Откачка рудников. – М., Металургиздат, 1947. – 279 с.
2. **Гейер В. Г.** Новые технологические схемы и средства водоотлива. – Донецк:ДПИ, 1972. – 34 с.
3. Восстановление угольной промышленности Донецкого бассейна. Том II, М., Углетехиздат, 1957, 783 с.
4. Бурение скважин с обратной эрлифтной промывкой в осложненных условиях (методические рекомендации). Илларионова Т.М. – Л., ОНТИ ВИТР, 1973, 49с.
5. **Волков А. С., Волокитенков А. А.** Бурение скважин с обратной циркуляцией промывочной жидкости. – М., Недра, 1970, 184 с.
6. **Качан В. Г., Купчинский Н. А.** Бурение шахтных стволов и скважин. – М., Недра, 1984, 278 с.
7. **Логвинов Н. Г., Костанда В. С., Игнатов А. В., Арутинова З. З.** Определение характеристик эрлифтов для подъема минерального сырья со дна глубоких водоемов. – Донецк, 1985. – 16с. Деп. в УкрНИИНТИ, № 2390.
8. **Weber M.** Vertical hydraulic conveying of solids by air-lift. – Journal of Pipelines, 1982, № 3, p. 137-152.
9. **Weber M.** The air-lift method and its applicability to deep-sea mining. – Meerestechnik, 1976, № 7(6), p. 189-199.

© *Игнатов А. В., 2006*