

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ ОСУШЕНИЯ ВЫРАБОТКИ ЭРЛИФТОМ

Игнатов А.В. канд. тех. наук, доц.,  
Донецкий национальный технический университет

*Исследованы параметры, влияющие на величину предельной глубины осушения емкости эрлифтом, работающим при постоянном расходе сжатого воздуха.*

*The explored parameters, influencing upon value of the limiting depth of the drainage of tank by airlift, working under constant consumption of the compressed air*

**1. Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Развитие современного топливно-энергетического комплекса Украины требует дальнейшего совершенствования процессов водоотлива и очистки шахтных технологических емкостей от твердого материала, а также применения эффективных средств водопонижения в законсервированных угольных шахтах. Одним из простейших средств откачки воды и пульпы из водоотливных емкостей является эрлифт. Эрлифт применяется также при осушении шахтных стволов, проводимых бурением. При этом, как указано в [1], эрлифт, как правило, работает при постоянном расходе сжатого воздуха.

При откачке жидкости или пульпы из шахтных технологических емкостей или пробуренных стволов при неизменной длине подъемной трубы изменяется уровень жидкости в них и, соответственно, погружение смесителя, как геометрическое  $h$ , так и относительное  $\alpha$ . При уменьшении  $\alpha$  производительность эрлифта при прочих равных условиях и постоянном расходе сжатого воздуха уменьшается. При достижении определенного значения уровня жидкости в емкости или водотливной выработке производительность эрлифта становится равной притоку жидкости в нее. В настоящее время отсутствуют исследования по изучению влияния различных факторов, определяющих минимальный уровень воды в водосборной емкости при откачке эрлифтом с постоянным расходом сжатого

воздуха ( то есть минимальное значение относительного погружения  $\alpha$  и геометрического  $h$  ).

Таким образом задача определения предельной глубины выработки, которую можно осушить эрлифтом при переменном погружении смесителя и постоянном расходе сжатого воздуха является актуальной.

### ***2. Анализ исследований и публикаций.***

В настоящее время в литературе отсутствуют исследования, посвященные анализу факторов, влияющих на предельную глубину воды в выработке, осушаемой эрлифтом, работающим при постоянном расходе сжатого воздуха.

### ***3. Постановка задачи.***

На основании поставленной проблемы и анализа публикаций ставится задача определения и анализа факторов, влияющих на предельную глубину воды в выработке, осушаемой эрлифтом.

### ***4. Изложение материала и результаты.***

Схема откачки воды из водосборной емкости эрлифтной установкой приведена на рис.1.

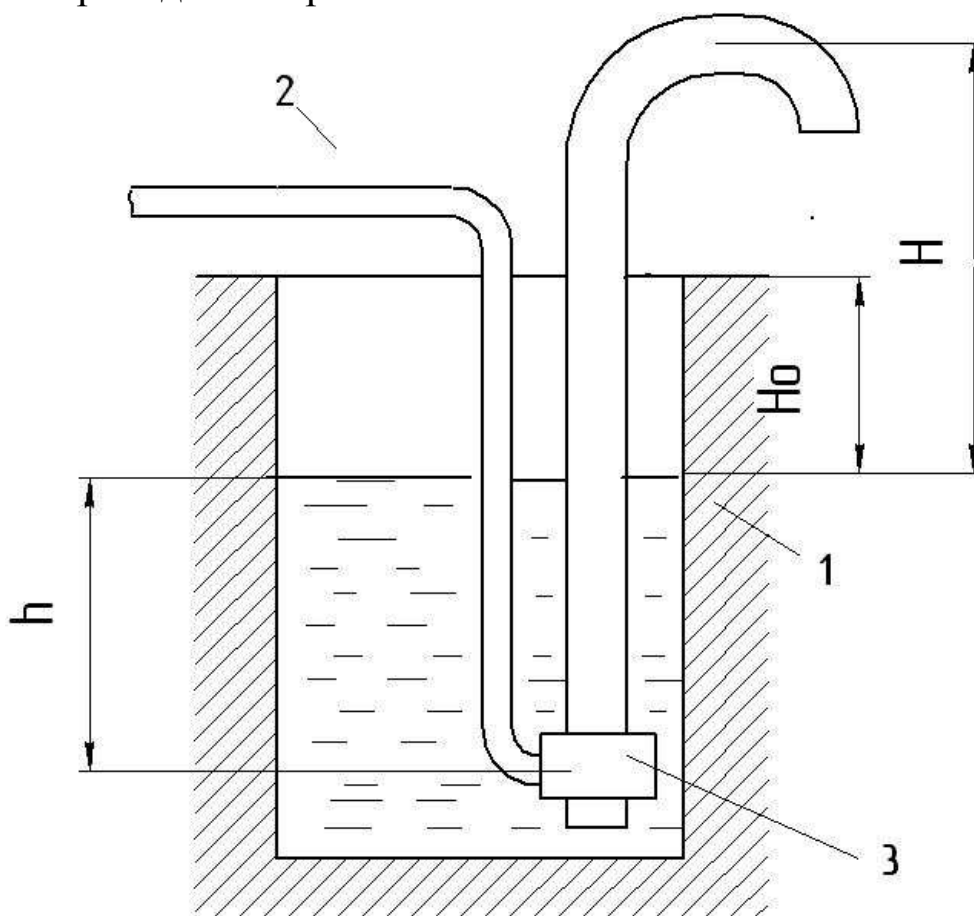


Рис.1. Схема откачки воды эрлифтной установкой

Жидкость или пульпа откачивается из емкости 1 после подачи сжатого воздуха через воздухопровод 2 в смеситель подъемной трубы 3 эрлифта. На рисунке приняты следующие обозначения:  $h$  – глубина погружения смесителя;  $H$  – высота подъема жидкости над уровнем пульпы. В этом случае глубина осушения  $H_0$  (глубина воды в выработке) будет равна высоте подъема жидкости над уровнем пульпы  $H$  за вычетом высоты подъема над верхним срезом емкости  $H_{вс}$ . Исходя из практики бурения и последующего осушения шахтных вентиляционных стволов на предприятиях АО «Спецшахтобурение» при расчетах величина высоты подъема над верхним срезом емкости принята равной  $H_{вс} = 5$  м.

Как известно [2], подача эрлифтной установки  $Q_э = C \cdot d_n^{2,5}$  (1),

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

В работе [1] установлено, что при фиксированном расходе сжатого воздуха эрлифтом коэффициент подачи  $C$  определяется по зависимости

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

где  $Q_э$  – расход сжатого воздуха эрлифтом,  $Q_{б.о}$  – объемный расход воздуха при котором подача эрлифта будет равна нулю (наблюдается барботажный режим работы). Или

$$C = b_0 + b_1\alpha, \text{ где } b_0 = -1,96 + 2,574 \left( 1 - e^{-0,5 \left( \frac{Q_э}{Q_{б.о}} - 1 \right)} \right)$$

и  $b_1 = 8,96$ .

Согласно [2]

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

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.

Предельное значение глубины осушения определим, исходя из условия, что подача эрлифта равна притоку воды в выработку

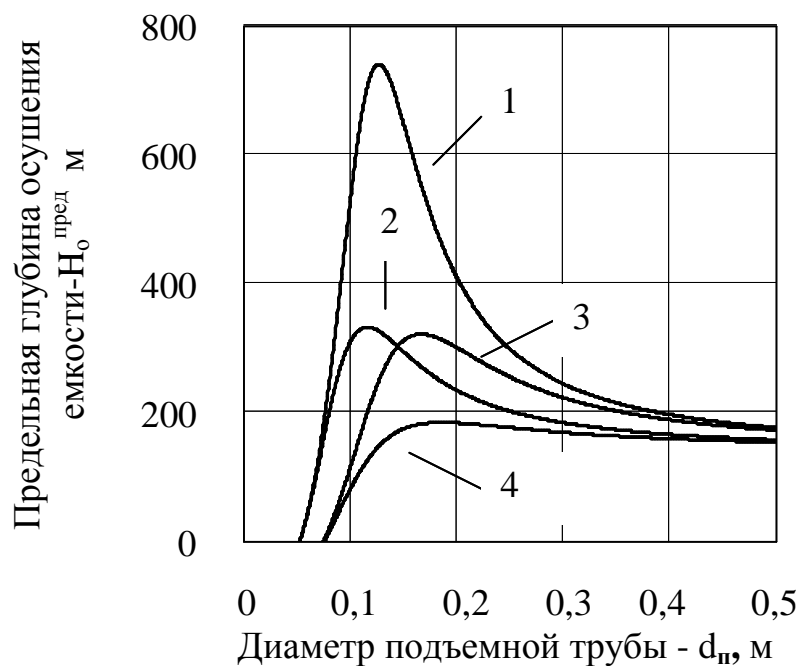
$$Q_{\text{э}} = Q_{np}, \quad (4),$$

где  $Q_{np}$  – величина притока жидкости (пульпы) в ёмкость.

Отсюда предельная глубина осушения

$$H_o^{пред} = h \left( \frac{b_1 d_n^{2.5}}{Q_{np} - d_n^{2.5} \cdot b_0} - 1 \right) - H_{BC} \quad (5),$$

Результаты расчетов по зависимости (5) приведены на рисунках 2...5.



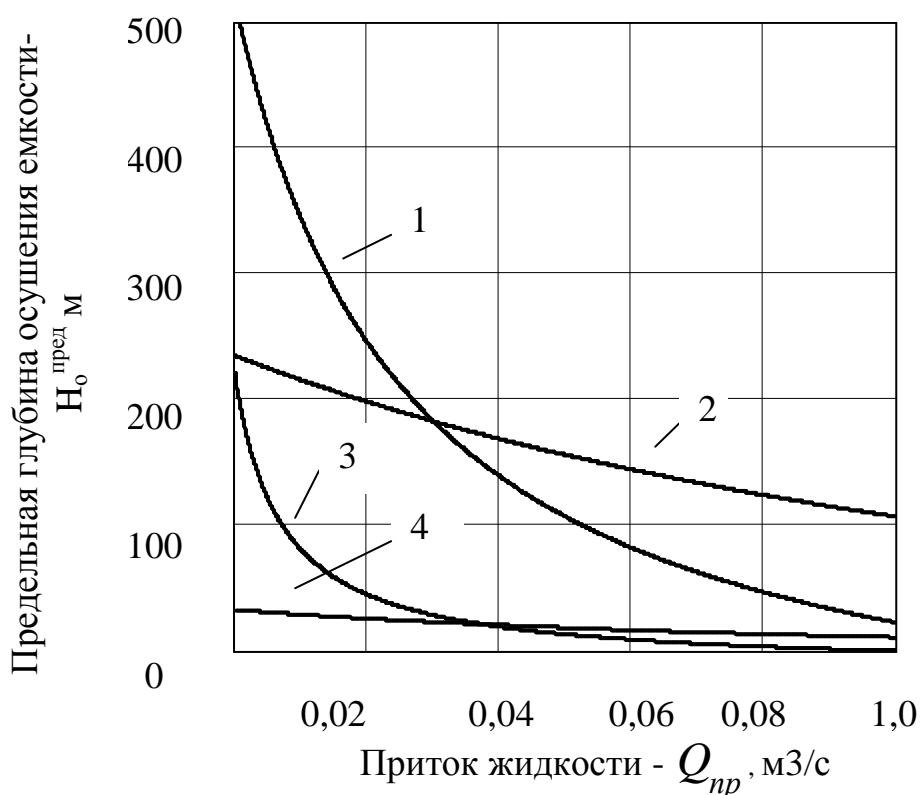
1,2 - приток 20 м<sup>3</sup>/час, расход сжатого воздуха – 0,8 м<sup>3</sup>/мин и 0,4 м<sup>3</sup>/мин;

3,4 - приток 50 м<sup>3</sup>/час, расход сжатого воздуха – 0,8 м<sup>3</sup>/мин и 0,4 м<sup>3</sup>/мин;

Рис. 2. Зависимость предельной глубины осушения от диаметра подъемной трубы эрлифта при погружении смесителя 100 м.

На рисунке 2 приведены зависимости предельной глубины осушения выработки от диаметра подъемной трубы эрлифта при притоках 20 и 50 м<sup>3</sup> в час. Анализ этих зависимостей показывает, что при значениях диаметра подъемной трубы от 0,1 до 0,2 м существует максимум предельной глубины осушения емкости, после достижения которого эта величина монотонно убывает.

На рисунке 3 приведены зависимости предельной глубины осушения от величины притока. Из рисунка 3 видно, что при расходе сжатого воздуха  $Q_{в} = 0,8 \text{ м}^3/\text{с}$ , глубине погружения смесителя  $h = 100 \text{ м}$  и притоках жидкости в выработку не превышающих  $0,03 \text{ м}^3/\text{с}$



- 1- диаметр подъемной трубы 0,2м; расход сжатого воздуха 0,8 м<sup>3</sup>/мин; глубина погружения смесителя 100 м.
- 2- диаметр подъемной трубы 0,33м; расход сжатого воздуха 0,8 м<sup>3</sup>/мин; глубина погружения смесителя 100 м.
- 3- диаметр подъемной трубы 0,2м; расход сжатого воздуха 0,8 м<sup>3</sup>/мин; глубина погружения смесителя 10 м.
- 4- диаметр подъемной трубы 0,33м; расход сжатого воздуха 0,8 м<sup>3</sup>/мин; глубина погружения смесителя 10 м.

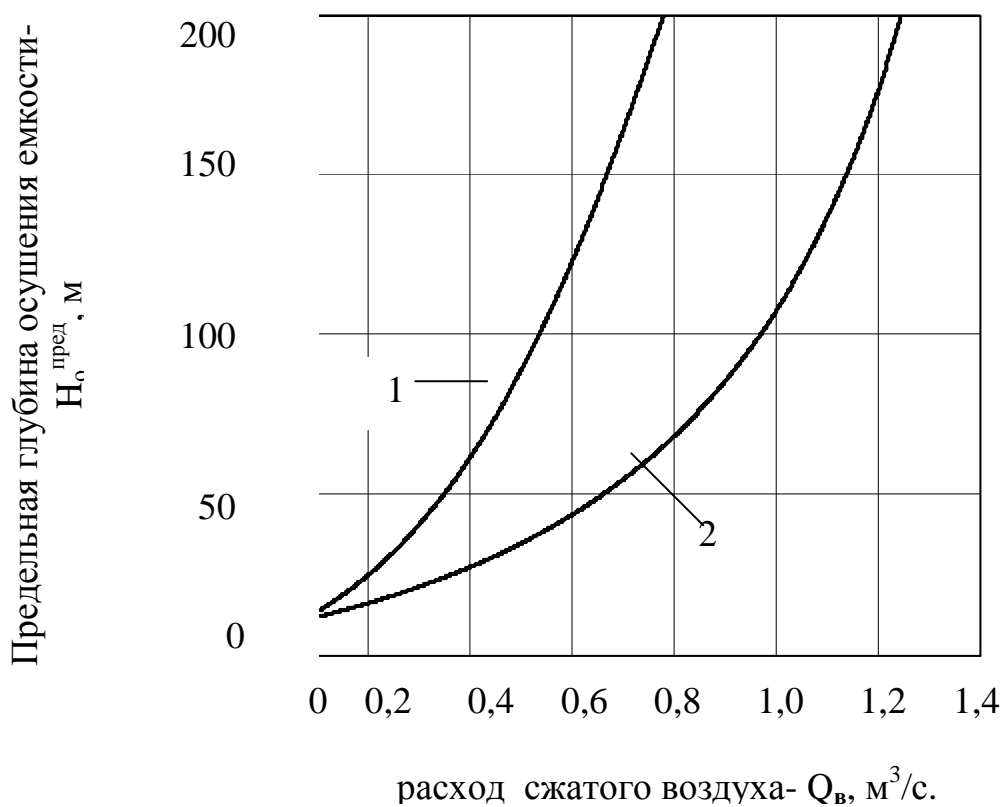
Рис.3 Зависимость предельной глубины осушения от величины притока

(108 м<sup>3</sup>/ч) предпочтительнее применение труб с внутренним

диаметром 0,2 м; а при расходе сжатого воздуха 0,4 м<sup>3</sup>/с аналогичная величина составляет 0,039 м<sup>3</sup>/с ( $\approx 140$  м<sup>3</sup>/ч). Таким образом, можно сделать вывод о том, что при глубине погружения смесителя  $h=100$ м; расходе сжатого воздуха от 0,4 до 0,8 м<sup>3</sup>/с и притоках до 140 м<sup>3</sup>/ч глубина осушения во многих случаях будет больше при использовании труб диаметром 0,2 м.

Анализ зависимостей, приведенных на рис.4, показывает, что зависимость предельной глубины осушения емкости от расхода сжатого воздуха является нелинейной (близкой к степенной функции) и применении подъемного трубопровода с диаметром 0,2 м является более предпочтительным по сравнению с трубами, внутренний диаметр которых составляет 0,33 м.

Из рисунка 5 следует, что при увеличении погружения смесителя до 80-100 м применение труб с внутренним диаметром



- 1 – диаметр подъемной трубы 0,2 м;
- 2 – диаметр подъемной трубы 0,33 м.

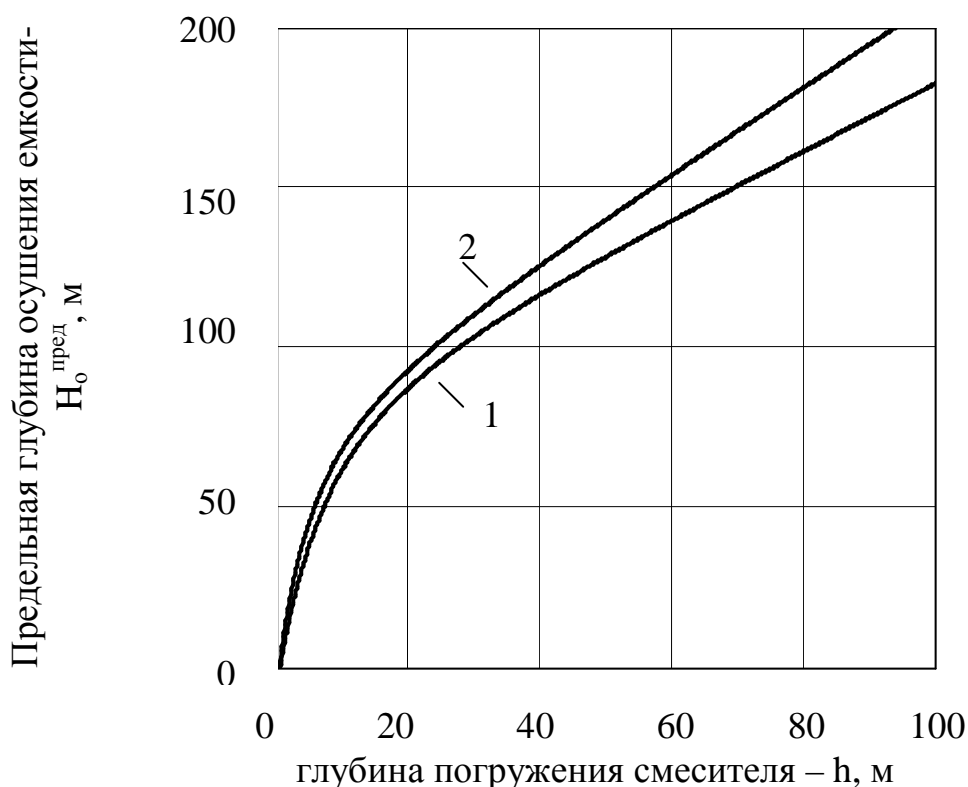
Рис. 4. Зависимость предельной глубины осушения емкости от расхода сжатого воздуха при погружении смесителя 10 м и притоке 50 м куб в час

0,33 м приводит к увеличению предельной глубины осушения до 13% по сравнению с трубами с внутренним диаметром 0,2 м. При этом расход сжатого воздуха принят  $0,4 \text{ м}^3/\text{с}$  для труб диаметром 0,2 м и  $0,8 \text{ м}^3/\text{с}$  для труб диаметром 0,33 м.

### 5. Выводы и направление дальнейших исследований.

Установлено, что:

- при значениях диаметра подъемной трубы от 0,1 до 0,2 м существует максимум предельной глубины осушения емкости, после достижения которого эта величина монотонно убывает;
- при глубине погружения смесителя  $h=100\text{м}$ ; расходе сжатого воздуха от  $0,4$  до  $0,8 \text{ м}^3/\text{с}$  и притоках до  $140 \text{ м}^3/\text{ч}$  глубина осушения во многих случаях будет больше при использовании



1-диаметр подъемной трубы 0,2 м; расход сжатого воздуха  $0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

2-диаметр подъемной трубы 0,33 м; расход сжатого воздуха  $0,8 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Рис. 5. Зависимость предельной глубины осушения емкости от глубины погружения смесителя при притоке  $50 \text{ м}^3/\text{час}$ .

труб диаметром 0,2 м;

- при увеличении погружения смесителя до 80-100 м применение труб с внутренним диаметром 0,33 м приводит к увеличению предельной глубины осушения до 13% по сравнению с трубами с внутренним диаметром 0,2 м.

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 также определить возможные диапазоны параметров, в которых существует оптимальное значение предельной глубины осушения ёмкости.

Список источников.

1. Малеев В.Б., Игнатов А.В.. Работа эрлифта при постоянном расходе сжатого воздуха. Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». Випуск 7(135). – Донецьк: ДонНТУ. – 2008. - С.108-113.
2. Эрлифтные установки: Учебное пособие/ Гейер В.Г., Козыряцкий Л.Н., Пашенко В.С., Антонов Я.К. – Донецк: ДПИ, 1982. – 64 с.