

# Определение предельной глубины осушения выработки эрлифтом

Игнатов А. В.\*

*Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина.*

Поступила в редакцию 17.10.08, принята к печати 01.11.09.

## **Аннотация**

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

Ключевые слова: эрлифт, предельная глубина, осушение.

## **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 (т. е. 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.

---

\* автор для переписки: ttgr@pop.dgtu.donetsk.ua

#### 4. Изложение материала и результаты

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

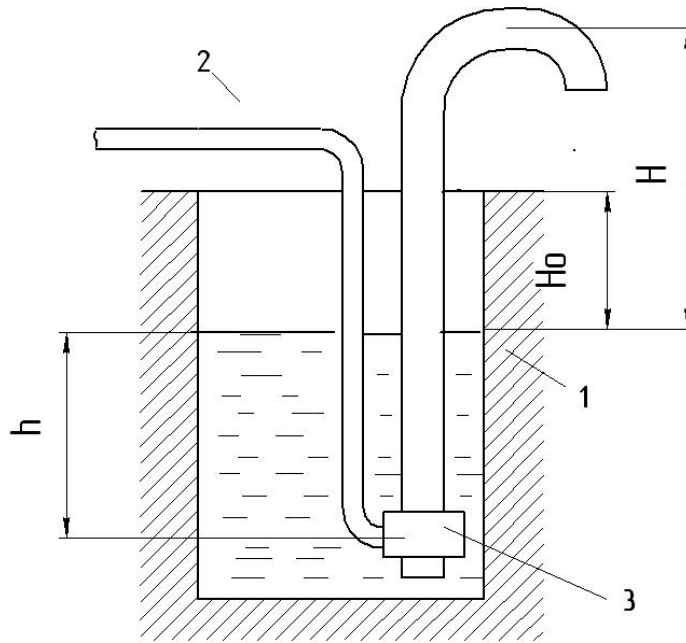


Рис. 1. Схема откачки воды эрлифтной установкой

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  $H_{вс} = 5\text{ м}$

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.

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

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

и  $b_1=8,96$ .

Согласно [2]

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

где  $\rho$  – плотность транспортируемой жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ;  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;  $P_a$  - атмосферное давление, Па.

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

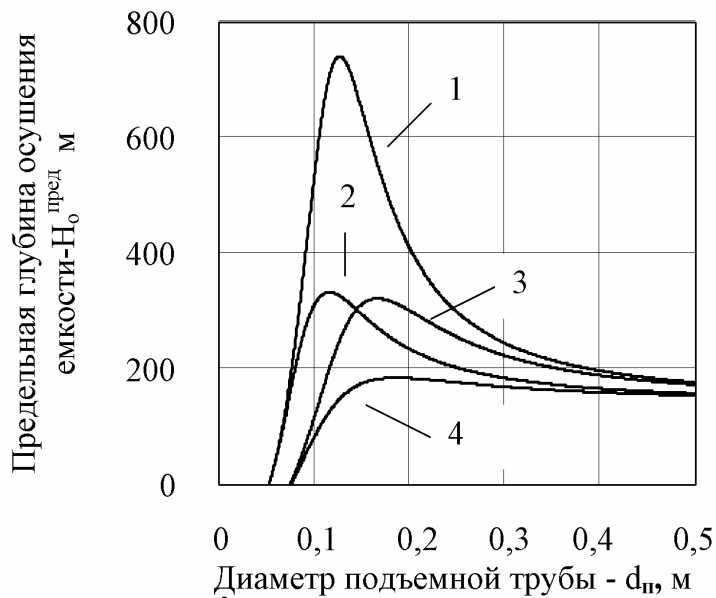
$$Q_{\text{э}} = Q_{\text{пр}}, \quad (4)$$

где  $Q_{\text{пр}}$  – величина притока жидкости (пульпы) в ёмкость.

Отсюда предельная глубина осушения

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

Результаты расчетов по зависимости (5) приведены на рис. 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 рис.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 рис. 3 приведены зависимости предельной глубины осушения от величины притока. Из рис. 3 видно, что при расходе сжатого воздуха  $Q_{\text{в}} = 0,8 \text{ м}^3/\text{с}$ , глубине погружения смесителя  $h=100\text{м}$  и притоках жидкости в выработку не превышающих  $0,03 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $108 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) предпочтительнее применение труб с внутренним диаметром 0,2 м; а при расходе сжатого воздуха  $0,4 \text{ м}^3/\text{с}$  аналогичная величина составляет  $0,039 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $\approx 140 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). Таким образом, можно сделать вывод о том, что 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 труб диаметром 0,2 м.

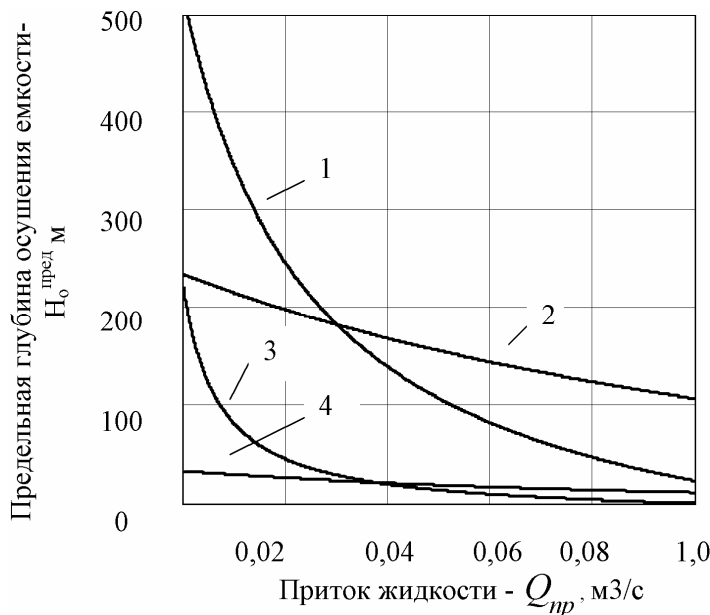


Рис. 3. Зависимость предельной глубины осушения от величины притока  
 1 – диаметр подъемной трубы 0,2 м; расход сжатого воздуха  $0,8 \text{ м}^3/\text{мин}$ ; глубина погружения смесителя 100 м.  
 2 – диаметр подъемной трубы 0,33 м; расход сжатого воздуха  $0,8 \text{ м}^3/\text{мин}$ ; глубина погружения смесителя 100 м.  
 3 – диаметр подъемной трубы 0,2 м; расход сжатого воздуха  $0,8 \text{ м}^3/\text{мин}$ ; глубина погружения смесителя 10 м.  
 4 – диаметр подъемной трубы 0,33 м; расход сжатого воздуха  $0,8 \text{ м}^3/\text{мин}$ ; глубина погружения смесителя 10 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 рис. 5 следует, что 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. 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.

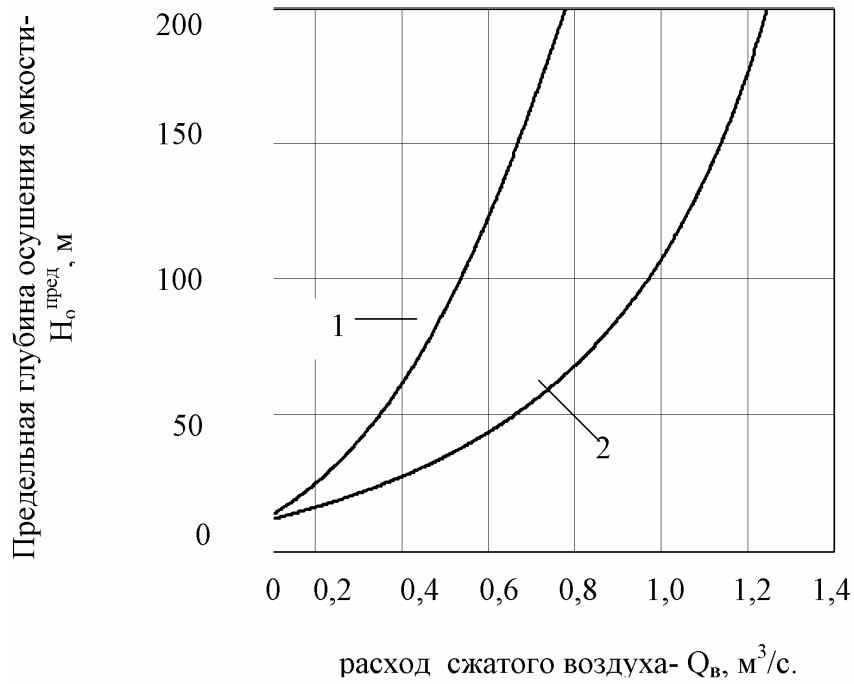


Рис. 4. Зависимость предельной глубины осушения емкости от расхода сжатого воздуха при погружении смесителя 10 м и притоке 50  $м^3/час$   
1 – диаметр подъемной трубы 0,2 м; 2– диаметр подъемной трубы 0,33 м.

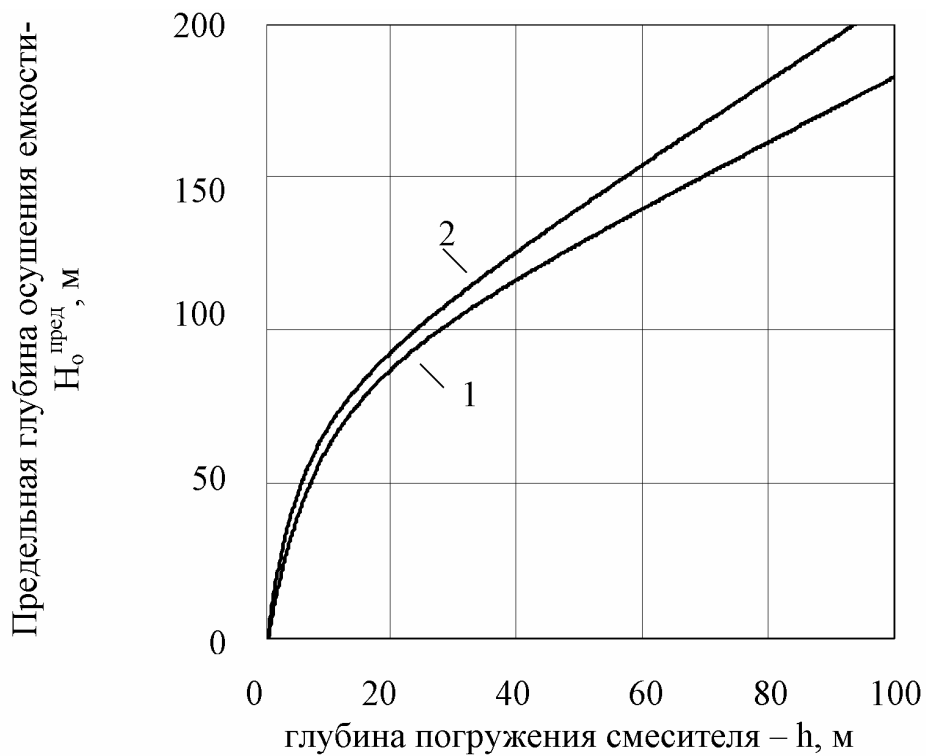


Рис. 5. Зависимость предельной глубины осушения емкости от глубины погружения смесителя при притоке 50  $м^3/час$ .  
1 – диаметр подъемной трубы 0,2 м; расход сжатого воздуха 0,4  $м^3/с$ ;  
2 – диаметр подъемной трубы 0,33 м; расход сжатого воздуха 0,8  $м^3/с$ .

## 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  $h=100$  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;
- 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 позволяют 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.

## Библиографический список

1. Малеев В.Б., Игнатов А.В. Работа эрлифта при постоянном расходе сжатого воздуха. Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». Випуск 7(135). 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.

© Игнатов А. В., 2010.

### Анотація

Досліджено параметри, що впливають на значення граничної глибини осушення ємності ерліфтом, який працює при постійних витратах стиснутого повітря.

Ключеві слова: ерліфт, гранична глибина, осушення.

### Abstract

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.

Keywords: airlift, limiting depth, drainage.