

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭРЛИФТНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ГИДРОЗОЛОШЛАКОУДАЛЕНИЯ ТЭС

*Наведено переваги та недоліки, метод розрахунку та приклади використання ерліфтних установок для видалення золошлакових відходів в умовах теплових електростанцій, які працюють на твердому паливі.*

При гидравлическом способе транспортирования золошлаков на золоотвалы в качестве средств перекачки традиционно используются грунтовые (багерные) насосы. Однако значительный абразивный износ проточной части насоса, необходимость в заглублении установки ниже уровня пола котельного отделения, его ослабление длинными золошлаковыми каналами и большой удельный расход технической воды зачастую снижает эффективность применения багерных насосных.

Повысить надежность системы гидрозолошлакоудаления (ГЗУ) в ряде случаев возможно применением эрлифтных установок (рис. 1), срок службы которых, в большинстве случаев, превосходит межремонтный период энергоблока. Расположение электросилового оборудования выше уровня пола котельного отделения, возможность размещения эрлифтов в непосредственной близости от источников золошлаков с сокращением длины золовых и шлаковых каналов и расхода смывной воды, повышенная консистенция удаляемой гидросмеси, автоматическое согласование подачи газожидкостного подъемника с притоком и существенное уменьшение штата обслуживающего и ремонтного персонала зачастую обеспечивает ощутимую экономическую эффективность применения эрлифтных установок в сравнении с традиционными схемами.

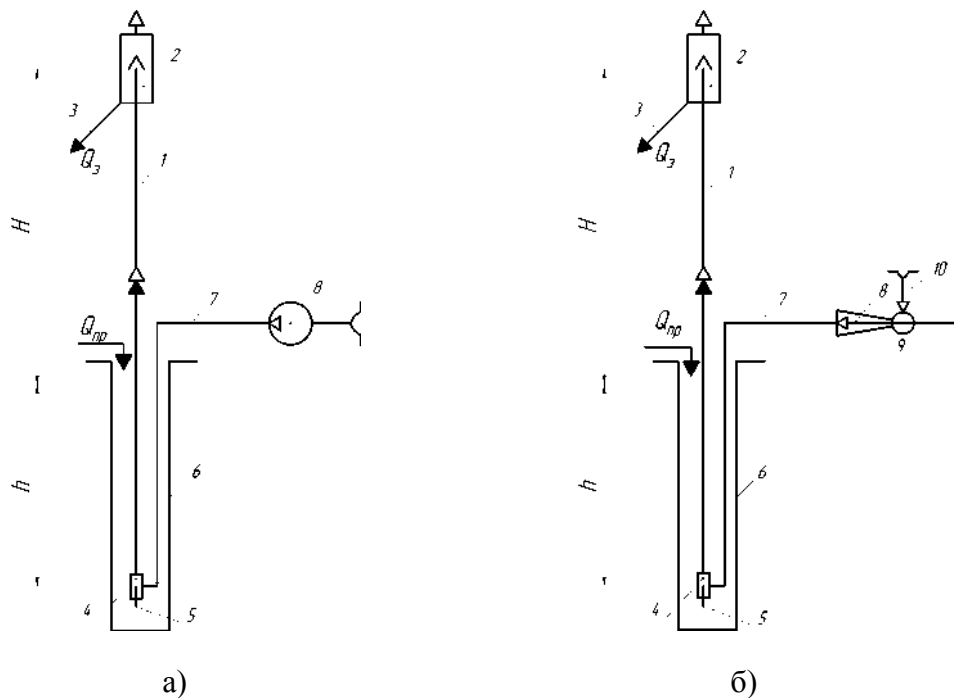


Рисунок 1 – Принципиальные схемы эрлифтных установок: 1 – подъемная труба; 2 – воздухоотделитель; 3 – золошлакопровод; 4 – смеситель; 5 – всасывающее устройство (подающая труба); 6 – зумпф; 7 – воздухопровод; а) 8 – воздушный нагнетатель (воздуходувка); б) 8 – пароструйный компрессор; 9 – паропровод; 10 – трубопровод инжектируемого воздуха

Основной особенностью применения эрлифтных установок в системах ГЗУ ТЭС, в сравнении с другими областями их использования, является непрерывность технологического процесса производства электроэнергии и связанные с этим высокие требования к надежности оборудования.

Эрлифтные установки позволяют реализовывать две схемы ГЗУ ТЭС:

а) внутрицеховой сбор золошлаков с подъемом на высоту 10÷12 м и передачей в центральную незаглубленную насосную станцию;

б) сбор и удаление золошлаков на отвалы при высотах подъема до 30÷35 м.

Один из наиболее распространенных методов расчета эрлифтов разработан, исходя из теории подобия [1-2]. В качестве основного критерия подобия принято относительное погружение смесителя  $\alpha = h/(H+h)$  ( $H$  – высота подъема,  $h$  – геометрическое погружение смесителя), определяющее для данного диаметра подъемной трубы  $D$  расход воздуха  $Q_a$  и подачу эрлифта  $Q_3$ . Относительное погружение смесителя правомерно рассматривать как произведение критериев Фруда и Эйлера  $\alpha = Fr \cdot Eu$  (в качестве характерного линейного размера в критерии Фруда в [96] принята длина подъемной трубы  $H+h$  в отличие от традиционно принимаемого в гидромеханике диаметра трубы  $D$ ).

Наибольшее распространение получила методика моделирования работы эрлифтов профессора Гейера В.Г. [1], правомерность которой подтверждена многочисленными эффективно работающими эрлифтными установками во многих отраслях промышленности. В основу расчета положен баланс мощностей потоков жидкости и газа в подъемнике при принятой относительной скорости фаз, равной 0,3 м/с. Основное уравнение, полученное профессором Гейером В.Г., имеет вид:

$$Q_3 = 0,125D^{2,5} \sqrt{\frac{23q \cdot \log\left(\frac{h}{10} + 1\right) - H}{(q+1)^2 \frac{D^5}{D_e^4} + 0,022(H+h) + 23 \frac{q}{h} \log\left(\frac{h}{10} + 1\right)}}, \quad (1)$$

где  $D_e$  – диаметр выходного торца подъемной трубы.

Обозначив выражение под корнем, умноженное на 0,125, через коэффициент производительности  $C$ , уравнение (1) представляют следующим образом

$$Q_3 = C \cdot D^{2,5}. \quad (2)$$

Расход воздуха вычисляется по выражению

$$Q_a = q \cdot Q_3. \quad (3)$$

Значения коэффициента производительности и удельного расхода воздуха определяются по эмпирическим зависимостям  $C = f(\alpha)$  и  $q = f(\alpha)$ .

Многочисленные теоретические и экспериментальные работы ученых школы профессора Гейера В.Г. [3-6] позволили уточнить метод расчета эрлифта в оптимальном режиме работы (при максимальном энергетическом КПД).

В соответствии с указанными работами подача эрлифта определяется по зависимости

$$Q_3 = K_Q \sqrt{gD_3^5}, \quad (4)$$

где  $K_Q$  – коэффициент подачи.

Для коротких эрлифтов ( $\frac{H+h}{D_3} \leq 200$  и  $\frac{\rho'gh}{p_0} \leq 2$ , здесь  $\rho'$  – плотность лифтируемой жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения;  $p_0$  – атмосферное давление) рекомендуются эмпирические зависимости для определения [5]:

- удельного расхода воздуха

$$q = 0,767\alpha^{-2,2} \text{ (при } \alpha = 0,15 \div 0,50; h = 4 \div 10 \text{ м);} \quad (5)$$

- коэффициента подачи

$$K_Q = 3,68\sqrt{\alpha} \frac{\sqrt{q + \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right)}}{1 + q}. \quad (6)$$

Для длинных эрлифтов ( $\frac{H+h}{D_s} > 200$  и  $\frac{\rho'gh}{p_0} > 2$ ) рекомендуются эмпирические зависимости для определения [5]:

- удельного приведенного расхода воздуха (при среднем давлении в подъемной трубе)

$$q_n = 60e^{-9\alpha} \text{ (при } \alpha = 0,15 \div 0,50; h = 40 \div 120 \text{ м);} \quad (7)$$

- удельного расхода воздуха

$$q = q_n \cdot \frac{p_0 + \frac{\rho'gh}{2}}{p_0}; \quad (8)$$

- коэффициента подачи

$$K_Q = 5\sqrt{\alpha} \frac{\sqrt{q_n + \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right)}}{1 + q_n}. \quad (9)$$

На основе приведенных зависимостей были разработаны эрлифтные установки для ряда крупных тепловых электростанций с установленной мощностью 4,0÷6,0 тыс. МВт при фактической зольности используемого энергетического угля до 50% и необходимостью ежечасного удаления до 100 тонн золошлаков из-под каждого работающего энергоблока (табл. 1).

Таблица 1

Технические параметры эрлифтных установок систем ГЗУ ТЭС

Наименование параметра	Ед. измерения	Объект внедрения			
		Экибастузская ГРЭС-1	Приморская ГРЭС	Нерюнгинская ГРЭС	Новосибирская ТЭЦ-5
1	2	3	4	5	6
Мощность энергоблока	МВт	500	200	200	200
Количество энергоблоков, из-под которых гидросмесь удаляется одним эрлифтом	шт.	1	2	1	2
Подача эрлифта	м <sup>3</sup> /ч	530	950	70	250
Высота подъема гидросмеси (относительно пола котельного отделения)	м	22,0	18,0	15,0	27,0
Расчетное геометрическое погружение смесителя	м	9,93	8,3	4,14	8,93
Расход воздуха	м <sup>3</sup> /мин	140	330	52,5	170

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6
Тип нагнетателя	-	360-22-1 Э200-31-1	360-22-1	ТВ-80-1,8	Э200-31-1
Глубина зумпфа	м	14,0	14,0	7,85	14,5
Диаметр зумпфа	м	1,48	1,6	2,0	2,0
Эквивалентный диаметр подъемной трубы	м	0,415	0,640	0,300	0,460
Диаметр воздухопровода	мм	426×9	426×9	273×8	377×7
Диаметр золошлакопровода	мм	426×12	426×10	219×12	377×13

Таким образом, в ряде случаев удаление золошлаковых отходов эрлифтными установками является более предпочтительным техническим решением в условиях тепловых электростанций в сравнении с багерными насосами.

#### Литература

1. Гейер В.Г. Определение основных параметров эрлифтной установки для откачки затопленных шахт // Сб. статей к 25-летию ДИИ 1921 - 1946 г.г. - М.-С.: Углетехиздат. - 1946. - С. 79-92.

2. Гейер В.Г., Костанда В.С. Гидравлический подъем пульпы эрлифтными и углесосно-эрлифтными установками // Механизация и автоматизация производства. – 1959. - №9. - С. 52-56.

3. Костанда В.С. Экспериментальные исследования эрлифта с переменным  $a$  и  $D$  в условиях откачки ствола // Труды ДПИ. Выпуск 12. - Том 62. – 1961. - С. 103-113.

4. Костанда В.С. К расчету эрлифтных установок // Труды ДПИ. Выпуск 12. - Том 62 – 1961. - С. 93-101.

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

6. Энциклопедия эрлифтов / Ф.А. Папаяни, Л.Н. Козыряцкий, В.С. Пашенко, А.П. Кононенко - М.: Информсвязьиздат, 1995. – 592 с.