

ОПТИМАЛЬНОЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ПОГРУЖЕНИЕ ЭРЛИФТОВ

Малыгин С.С., канд. техн. наук, доц.,

Малеев В.Б., канд. техн. наук, доц.,

Донецкий государственный технический университет

Доказана зависимость КПД эрлифта от относительного погружения и определена величина оптимального относительного погружения.

The dependence of efficiency airlift from relative immersing is proved and the value of optimum relative immersing is determined.

Воздушные подъемники – эрлифты нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Они используются в качестве гидropодъемных установок шахт, при углубке и расчистке морских судоходных каналов, при гидравлическом удалении золы и шлака на тепловых электростанциях, в трубном производстве, а также в технологии будущего – добыче полезных ископаемых со дна морей и океанов. Такое широкое и разностороннее использование эрлифтов объясняется целым рядом их преимуществ по сравнению с другими видами гидравлических машин и аппаратов. Однако, одним из существенных недостатков эрлифтов является сравнительно большая их энергоемкость. Поэтому обеспечение максимального КПД эрлифтных установок является в настоящее время наиболее актуальной задачей.

Изотермический КПД эрлифта можно определить по следующей зависимости [1]:

$$\eta_{из} = \frac{\rho' \cdot g \cdot h \cdot (1 - \alpha)}{\alpha \cdot q \cdot p_a \cdot \ln \left(1 + \frac{\rho' \cdot g \cdot h}{p_a} \right)}, \quad (1)$$

где ρ' - плотность перекачиваемой эрлифтом жидкости, кг/м³ ;
 g – ускорение силы тяжести, м/с²;

α - относительное погружение эрлифта, определяемое по зависимости:

$$\alpha = \frac{h}{H + h}, \quad (2)$$

H – высота подъема жидкости эрлифтом, м;

p_a – атмосферное давление, Па;

q – удельный расход сжатого воздуха.

Ранее, одним из авторов, на основании анализа 50 лабораторных и промышленных эрлифтных установок, а также использования теории подобия, была получена следующая расчетная зависимость для определения удельного расхода сжатого воздуха, дающая хорошую сходимость с практическими данными:

$$q = \frac{h \cdot d^{0,2}}{(\ln h)^{0,4}} \cdot \frac{e^{1,3 \cdot \alpha - 4,6 \cdot \alpha + 12,1}}{\alpha \cdot p_a \cdot \ln \left(1 + \frac{\rho' \cdot g \cdot h}{p_a} \right)}. \quad (3)$$

Подставив значение q из (3) в зависимость (1), получим:

$$\eta_{из} = \frac{\rho' \cdot g \cdot (\ln h)^{0,4} (1 - \alpha)}{d^{0,2} \cdot e^{1,3 \cdot \alpha - 4,6 \cdot \alpha + 12,1}}. \quad (4)$$

Из зависимости (4) видно, что КПД эрлифта наиболее существенно зависит от относительного погружения α .

Определим оптимальное значение относительного погружения α_0 из условия равенства нулю производной от КПД эрлифта по α , т.е.:

$$\frac{d\eta_{из}}{d\alpha} = 0.$$

Для этого приведем зависимость (4) к виду удобному для дифференцирования:

$$\eta_{из} = \frac{\rho' \cdot g \cdot (\ln h)^{0,4}}{d^{0,2}} \cdot \left(\frac{1}{e^{1,3 \cdot \alpha - 4,6 \cdot \alpha + 12,1}} + \frac{\alpha}{e^{1,3 \cdot \alpha - 4,6 \cdot \alpha + 12,1}} \right). \quad (5)$$

Продифференцировав зависимость (5) получим:

$$\frac{d\eta_{из}}{d\alpha} = \frac{\rho' \cdot g \cdot (\ln h)^{0,4}}{d^{0,2} \cdot e^{1,3 \cdot \alpha - 4,6 \cdot \alpha + 12,1}} \cdot (2,6 \cdot \alpha^2 - 7,2 \cdot \alpha + 3,6) = 0. \quad (6)$$

Так как

$$\frac{\rho' \cdot g \cdot (\ln h)^{0,4}}{d^{0,2} \cdot e^{1,3 \cdot \alpha - 4,6 \cdot \alpha + 12,1}} \neq 0, \text{ то} \\ 2,6 \cdot \alpha^2 - 7,2 \cdot \alpha + 3,6 = 0. \quad (7)$$

Решив уравнение (7), получим два значения оптимального относительного погружения:

$$\alpha_{01}=2,11 \quad \text{и} \quad \alpha_{02}=0,656.$$

Так как значение относительного погружения не может быть больше единицы, то α_{01} не имеет смысла. Следовательно, величина оптимального относительного погружения эрлифтов: $\alpha_0=0,656$.

Полученное значение оптимального относительного погружения довольно велико и при заданной высоте подъема жидкости не всегда выполнимо по целому ряду объективных причин (невозможно обеспечить требуемую глубину погружения h , нет нагнетателей с достаточным конечным давлением, невозможно расположить требуемое число секций эрлифтов и их воздухопроводов). Поэтому в реальных условиях необходимо всегда принимать относительное погружение по возможности ближе к оптимальному, а также использовать способы повышения КПД эрлифтов за счет снижения потерь энергии в них путем совершенствования конструкции.

Список источников.

1. Малыгин С.С., Усков Е.В. Эрлифт как средство шахтного водоотлива.// Разраб. месторожд. полезных ископ. Респ. межвед. науч.-техн. сб., 1972. Вып. 29.