

ДИНАМИЧЕСКОЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОГРУЖЕНИЕ ЭРЛИФТОВ ДЛЯ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Малеев В.Б., канд. техн. наук, доц.,

Малыгин С.С., канд. техн. наук, доц.,

Донецкий государственный технический университет

Установлена зависимость между динамическим и геометрическим погружениями эрлифтов с подающей трубой большой длины. Доказано, что давление нагнетателя определяется как сумма давлений у смесителя эрлифта и потерь давления в пневмопроводе.

The dependence between dynamic and geometrical immersings airlifts with a giving pipe of large length is established. Is proved, that the pressure of a supercharger is determined as the sum of pressure at the mixer airlift and losses of pressure in a pneumowire.

Применение эрлифтов при добыче полезных ископаемых со дна морей и океанов, а также способом выщелачивания через скважины, ставит задачу определения оптимального геометрического погружения их смесителей.

В таких эрлифтах (рис.1) общая длина трубопровода ℓ будет равна расстоянию от морского дна или разрабатываемого пласта до излива пульпы из воздухоотделителя. При этом трубопровод смесителем делится на два: 1 – всасывающий – от места захвата твердого до смесителя; 2 – подъемный – от смесителя до излива пульпы на поверхности.

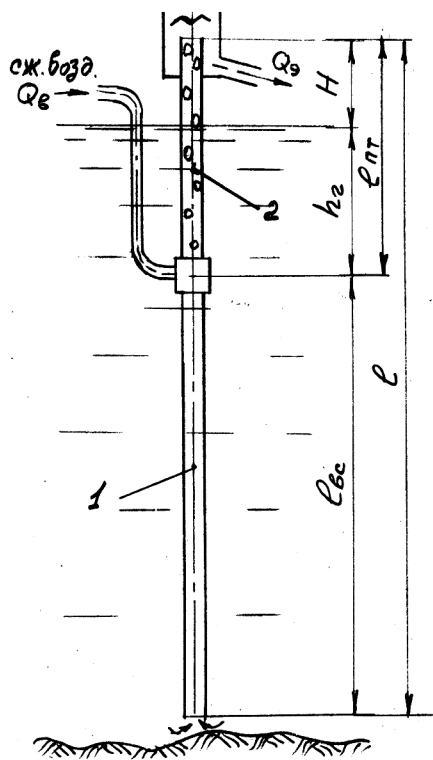


Рис.1. Схема добычного эрлифта

Длина всасывающего трубопровода $\ell_{вс}$, особенно в эрлифтах для добычи полезных ископаемых со дна морей и океанов, бывает значительной и часто превышает длину подъемного $\ell_{пт}$, которая определяется как сумма геометрической глубины погружения смесителя h_2 и высоты подъема пульпы H , равной расстоя-

нию от свободной поверхности воды до ее излива из подъемной трубы. Эта высота зависит от размеров добывающего плавсредства и не меняется в процессе работы. При неизменных общей длине трубопровода и высоте подъема, с изменением геометрической глубины погружения смесителя меняется длина всасывающего трубопровода эрлифта.

При движении пульпы по всасывающему трубопроводу имеют место гидравлические потери, приводящие к снижению давления в смесителе по сравнению с давлением столба воды на глубине h_z .

Наряду с этим при работе эрлифта плотность пульпы, движущейся по его всасывающему трубопроводу, будет больше плотности воды, что также приводит к снижению давления в смесителе. Снижение давления приводит к уменьшению его динамической глубины погружения $h_{дин}$ по сравнению с геометрической.

Уменьшение динамической глубины погружения при неизменной длине подъемной трубы снижает относительное погружение эрлифта $\alpha_{дин}$, определяемое по зависимости:

$$\alpha_{дин} = \frac{h_{дин}}{\ell_{н.м}} = \frac{h_{дин}}{H + h_z}. \quad (1)$$

Многочисленными исследованиями доказано [1,2,4], что при уменьшении относительного погружения увеличивается удельный расход сжатого воздуха, приводящий к снижению КПД эрлифта. Исследованиями также доказано [3], что существует оптимальное относительное погружение α_o , при котором эрлифт имеет максимальный КПД.

Для обеспечения максимального КПД эрлифта необходимо, чтобы его динамическое относительное погружение равнялось оптимальному, т.е.:

$$\alpha_{дин} = \alpha_o. \quad (2)$$

Условие (2) можно выполнить, увеличив геометрическую глубину погружения смесителя эрлифта по сравнению с динамической на величину потерь из-за неравенства плотностей воды и пульпы, а также потерь на преодоление гидравлического сопротивления всасывающего трубопровода.

Для определения этих потерь на рис.2 построены эпюры давления воды и пульпы. Там же приведены длины труб эрлифта и глубины погружения его смесителя.

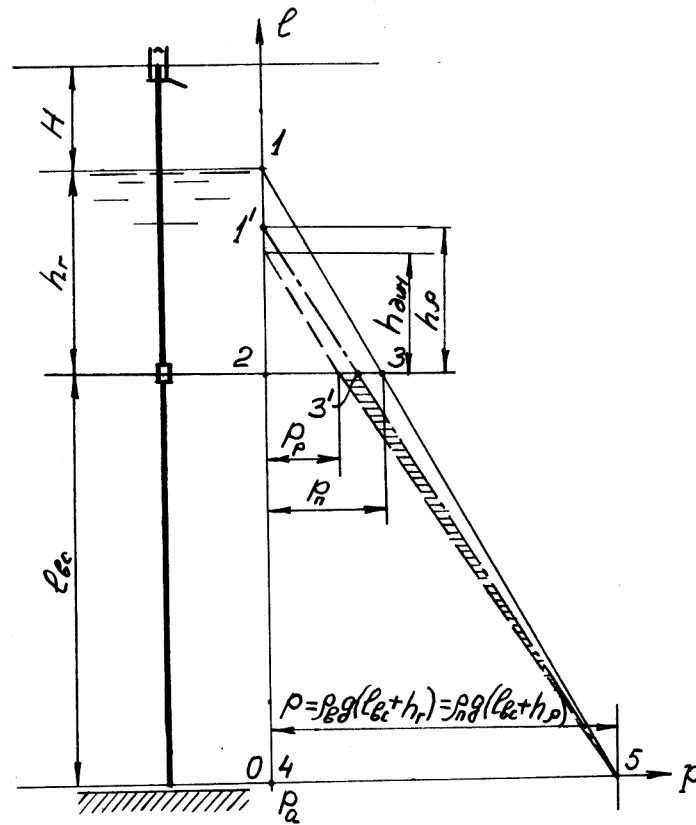


Рис. 2. Расчетная схема добычного эрлифта

Эпюра давления окружающей воды представлена треугольником 1-4-5, а давление пульпы - треугольником 1'-4-5. Давление у входа во всасывающую трубу эрлифта одинаково для воды и пульпы, т.е.:

$$\rho_v \cdot g \cdot (h_2 + \ell_{вс}) = \rho_n \cdot g \cdot (h_p + \ell_{вс}), \quad (3)$$

где h_p - погружение смесителя с учетом разности плотности воды и пульпы.

Из подобия треугольников 1'-2-3' и 1'-4-5 следует:

$$\frac{h_p}{h_p + \ell_{вс}} = \frac{\rho_n \cdot g \cdot h_p}{\rho_n \cdot g \cdot (h_2 + \ell_{вс})}. \quad (4)$$

Из подобия треугольников 1-2-3 и 1-4-5 следует:

$$\frac{h_2}{h_2 + \ell_{вс}} = \frac{\rho_v \cdot g \cdot h_2}{\rho_v \cdot g \cdot (h_2 + \ell_{вс})}. \quad (5)$$

С учетом зависимости (3) можно записать:

$$\frac{h_p}{h_p + \ell_{вс}} = \frac{\rho_n \cdot g \cdot h_p}{\rho_v \cdot g \cdot (h_2 + \ell_{вс})}, \quad (6)$$

откуда:

$$h_p = \frac{\rho_6}{\rho_n} h_z + \frac{\rho_6}{\rho_n} \ell_{вс} - \ell_{вс}. \quad (7)$$

Потери напора на преодоление гидравлического сопротивления всасывающего трубопровода определяем по известной формуле гидравлики:

$$\Delta H_n = \frac{8 \cdot \lambda \cdot Q_3^2}{\pi^2 \cdot d_{вс}^5 \cdot g} \cdot \ell_{вс}, \quad (8)$$

где λ - коэффициент Дарси для однородной жидкости; Q_3 - подача эрлифта, м³/с; $d_{вс}$ - внутренний диаметр всасывающего трубопровода эрлифта, м.

Динамическая глубина погружения смесителя эрлифта:

$$h_{дин} = h_p - \Delta H_n, \quad (9)$$

Подставив в зависимость (9) значение h_p из (7), а ΔH_n из (8), получим:

$$h_{дин} = \frac{\rho_6}{\rho_n} h_z + \frac{\rho_6}{\rho_n} \ell_{вс} - \ell_{вс} - \frac{8 \cdot \lambda \cdot Q_3^2}{\pi^2 \cdot d_{вс}^5 \cdot g} \cdot \ell_{вс}. \quad (10)$$

Выразим длину всасывающего трубопровода через общую длину трубопровода, высоту подъема и геометрическую глубину погружения смесителя эрлифта:

$$\ell_{вс} = \ell - H - h_z. \quad (11)$$

Определим геометрическую глубину погружения, заменив длину всасывающего трубопровода значением, полученным в зависимости (11):

$$h_{дин} = \ell \left(\frac{\rho_6}{\rho_n} - 1 - \frac{8 \cdot \lambda \cdot Q_3^2}{\pi^2 \cdot d_{вс}^5 \cdot g} \right) + H \left(1 - \frac{\rho_6}{\rho_n} + \frac{8 \cdot \lambda \cdot Q_3^2}{\pi^2 \cdot d_{вс}^5 \cdot g} \right) + h_z \left(1 + \frac{8 \cdot \lambda \cdot Q_3^2}{\pi^2 \cdot d_{вс}^5 \cdot g} \right) \quad (12)$$

Далее, воспользовавшись зависимостью (1), и, приравняв динамическое относительное погружение оптимальному, определим геометрическую глубину погружения смесителя эрлифта, необходимое для обеспечения его максимального рабочего КПД:

$$h_z = \frac{\ell \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_n} + \frac{8 \cdot \lambda \cdot Q_3^2}{\pi^2 \cdot d_{6c}^5 \cdot g} \right) + H \left(\frac{\rho_v}{\rho_n} + \alpha_o - 1 - \frac{8 \cdot \lambda \cdot Q_3^2}{\pi^2 \cdot d_{6c}^5 \cdot g} \right)}{1 + \frac{8 \cdot \lambda \cdot Q_3^2}{\pi^2 \cdot d_{6c}^5 \cdot g} - \alpha_o}, \quad (13)$$

Зная значения геометрической и динамической глубин погружения можно определить:

- пусковое давление у смесителя эрлифта:

$$p_n = \rho_v \cdot g \cdot h_z, \quad (14)$$

- рабочее давление у смесителя эрлифта:

$$p_p = \rho_v \cdot g \cdot h_{дин}, \quad (15)$$

Давление нагнетателя определится как сумма давления у смесителя эрлифта и потерь давления в пневмопроводе от нагнетателя до эрлифта.

Список источников.

1. Пак В.С., Гейер В.Г. Рудничные вентиляторные и водоотливные установки. – М: Углетехиздат, 1955.
2. Малыгин С.С. Определение удельного расхода воздуха и подачи по основным расчетным величинам эрлифтного подъема.// Разраб. месторожд. полезных ископ. Респ. межвед. науч.-техн. сб., 1981. Вып. 58.
3. Малыгин С.С., Усков Е.В. Эрлифт как средство шахтного водоотлива.// Разраб. месторожд. полезных ископ. Респ. межвед. науч.-техн. сб., 1972. Вып. 29.
4. Методические рекомендации по применению средств механизации очистки шахтных водосборных емкостей. Под ред. В.Г. Гейера, Донецк ЦБНТИ МУП УССР, 1983.

