

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДАРСИ И УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ВОЗДУХА ДЛЯ ЭРЛИФТНОЙ УСТАНОВКИ

Визначено значення коефіцієнта Дарсі λ та питомо витрата повітря для ерліфтної установки.

Процессы и основные эксплуатационные характеристики эрлифтных установок, применяемых на угольных шахтах для подъема воды и гидросмеси в достаточной мере исследованы экспериментально, но вопрос рассеивания энергии в подъемной трубе эрлифта изучен не в полном объеме. Выясним закон изменения коэффициента Дарси вдоль подъемной трубы эрлифта.

Решим совместно уравнения движения потока смеси в подъемной трубе эрлифта относительно произвольной от P по z :

$$\frac{dP}{dz} = - \frac{\left[1 + \lambda \frac{Q^2}{2g \cdot D \cdot S^2} \left(1 + q_0 \frac{P_0}{P} \right)^2 \right]}{\left(1 + q_0 \frac{P_0}{P} \right) \left(1 - \frac{Q^2}{S^2} \rho \cdot q_0 \frac{P_0}{P} \right)} \cdot \rho \cdot g \quad (1)$$

Экспериментально установлено и теоретически подтверждено рис. 4, что закон распределения давления вдоль подъемной трубы эрлифта близок к линейному, тогда можно допустить, что:

$$\frac{dP}{dz} = - \frac{\rho \cdot g \cdot h}{H + h} \quad (2)$$

Введем в уравнение (2) относительное погружение α :

$$\frac{dP}{dz} = -\alpha \cdot \rho \cdot g \quad (3)$$

Решая совместно (1) и (3) определим закон изменения коэффициента Дарси вдоль подъемной трубы эрлифта:

$$\lambda = \alpha \frac{\left(1 - \frac{Q^2}{S^2} \rho \cdot q_0 \frac{P_0}{P} \right)}{\frac{Q^2}{2g \cdot D \cdot S^2} \left(1 + q_0 \frac{P_0}{P} \right)} - \frac{1}{\frac{Q^2}{2g \cdot D \cdot S^2} \left(1 + q_0 \frac{P_0}{P} \right)^2} \quad (4)$$

Перейдем в уравнении (3) к переменной z :

$$P = P_1 - \alpha \cdot \rho \cdot g \cdot z \quad (5)$$

Уравнение (4) переписывается в виде:

$$\lambda = \frac{2g \cdot D \cdot S^2}{Q^2} \left[\alpha \frac{(P_1 - \alpha \cdot \rho \cdot q_0 \cdot z)^2 - \frac{Q^2}{S^2} \rho \cdot q_0 \cdot P_0}{(P_1 - \alpha \cdot \rho \cdot g \cdot z)(P_1 - \alpha \cdot \rho \cdot g \cdot z + q_0 \cdot P_0)} - \frac{(P - \alpha \cdot \rho \cdot g \cdot z)^2}{(P_1 - \alpha \cdot \rho \cdot g \cdot z + q_0 \cdot P_0)^2} \right] \quad (6)$$

Для построение графика $\lambda = f(z)$ при различных режимах работы воспользуемся расходной характеристикой эрлифта по [2] при $\alpha = 0,318$; $h=61\text{м}$; $D=0,15\text{м}$. Анализ кривых показывает, что в зависимости от режима работы эрлифта значение коэффициента Дарси может изменяться в несколько раз.

Определим среднеинтегральное значение коэффициента Дарси:

$$\lambda_c = \frac{\int_0^{H+h} \lambda \cdot dz}{H+h} \quad (7)$$

Из уравнений (6) и (7) следует:

$$\lambda_c = \frac{2D \cdot S^2}{Q^2} \left[(2-\alpha) \frac{q_0 P_0}{\rho \cdot h} \cdot \ln \frac{\frac{P_1}{P_0} + q_0}{1+q_0} + \alpha \frac{Q^2}{S^2 \cdot h} \cdot \ln \frac{\frac{P_1}{P_0} + q_0}{\frac{P_1}{P_0}(1+q_0)} - \frac{q_0 \cdot g}{(1+q_0) \left(\frac{P_1}{P_0} + q_0 \right)} - g(1-\alpha) \right] \quad (8)$$

Значения λ_c при $0,8Q_{\max}$ и Q_{\max} соответственно равны 0,046 и 0,031 и из чего следует, что с увеличением производительности эрлифта коэффициент Дарси уменьшается. Результаты расчета по разным уравнениям совпадают. Значения коэффициента Дарси λ приведены на рисунке 1.

Определим удельный расход воздуха эрлифта. Анализ кривых изменения коэффициента Дарси указывает на то обстоятельство, что существует такой режим движения газожидкостной смеси, при котором на входе и на выходе из эрлифта равны коэффициенты Дарси:

$$\lambda_{\text{вх}} = \lambda_{\text{вых}} \quad (9)$$

Подставим в последнее уравнение значения коэффициента Дарси при начальных и конечных значениях параметров газожидкостного потока в подъемной трубе эрлифта и получим:

$$\alpha \frac{1 - \frac{Q^2}{S^2} \rho \cdot q_0 \frac{P_0}{P_1}}{1 + q_0 \frac{P_0}{P_1}} - \frac{1}{\left(1 + q_0 \frac{P_0}{P_1}\right)^2} = \alpha \frac{1 - \frac{Q^2}{S^2} \rho \cdot q_0 \frac{1}{P_0}}{1 + q_0} - \frac{1}{(1 + q_0)^2} \quad (10)$$

Из полученного уравнения следует:

$$q_0 = \frac{\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) \left(1 + \frac{P_1}{P_0}\right)}{2} + \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)^2 \left(1 + \frac{P_1}{P_0}\right)^2}{4} + \left(\frac{2}{\alpha} - 1\right) \frac{P_1}{P_0}} \quad (11)$$

Уравнение (11) дает возможность определить удельный расход воздуха для эрлифта, работающего в интервале производительности от $0,8Q_{\max}$ до Q_{\max} . По экспериментам определены значения, записанные в таблице.

№ эрлифта	1	6	7	8
q_0	5,36	19,06	22,5	26

Из таблицы следует, что наибольшая сходимость результатов расчета с экспериментальными данными лежит в области $1 \geq \alpha \geq 0,25$ для длинных эрлифтов. Таким образом, существующие физико-математические модели эрлифтов не дают возможность полного исследования эрлифтных подъемов жидкости.

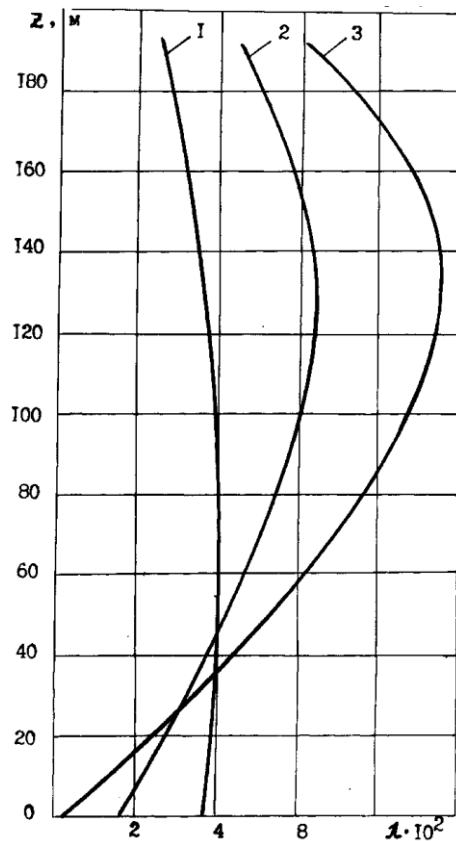


Рисунок 1 – Изменение коэффициента Дарси вдоль подъемной трубы эрлифта при $\alpha = 0,318$; $h=61\text{м}$; $D=0,15\text{м}$:
1 – Q_{\max} ; 2 – $0,8Q_{\max}$; 3 – $Q_{\text{опт}}$.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аргунов Л.П. Исследование работы эрлифта и его расчет. Труды НИИ оснований и фундаментов министерства строительства СССР. Строительное водопонижение и физика грунтовых вод. Сб. № 20, М., 1963.
2. Костанда В.С. Экспериментальное исследование эрлифта с переменными α и D в условиях откачки ствола. Труды донецкого политехнического института. Том 62, выпуск 12 "Гидромеханизация". Сталино, 1961.