

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДСА И КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ СМЕСИ В ПОДЪЕМНОЙ ТРУБЕ ЭРЛИФТА

Логвинов Н.Г. д.т.н., проф.; Надеев Е.И. инж.,

Ганза А.И. асп., Калиниченко В.В. асп.

Донецкий национальный технический университет

Определено число Рейнольдса и кинематическая вязкость газожидкостного потока в подъемной трубе эрлифта.

Reynolds number and kinematics viscosity of gas-and-liquid flow in an airlift hoist pipe are defined in this paper.

Расчет кинематической вязкости ν и числа Рейнольдса Re для потока газожидкостной смеси в вертикальной трубе является проблемной задачей [1,2,4], решение которой даст возможность рассчитывать потери энергии на гидравлическое трение, скольжение фаз и позволит моделировать движение газожидкостных смесей.

Изотермический газожидкостной поток в подъемной трубе эрлифта считается установившимся и рассматривается как однородная сплошная среда плавно изменяющая свои физические свойства вдоль подъемной трубы эрлифта. Газожидкостная смесь представлена как ньютоновская жидкость с физическими свойствами отличными от физических свойств фаз.

В работе [4] определены потери энергии на скольжение фаз и гидравлическое трение. Мощность гидравлического трения на бесконечно малом перемещении определяется уравнением:

$$dN = Q \rho g \frac{1-k_c}{k_c} dZ, \quad (1)$$

где Q – подача эрлифта, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Z – координата выбранного сечения в подъемной трубе эрлифта (рис. 2), м ;

g – ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$;

k_c – среднее значение коэффициента скольжения фаз в подъемной трубе эрлифта.

С другой стороны элементарное рассеивание энергии можно рассчитывать через коэффициент Дарси λ и скоростной напор газожидкостной смеси:

$$dN = \lambda \frac{dZ}{D} \frac{Q^3 \left(1 + k_c q_0 \frac{P_0}{P}\right)^3}{2S^2} \rho, \quad (2)$$

где λ - коэффициент Дарси;

D – диаметр проходного сечения подъемной трубы, м;

q_0 – удельный расход воздуха.

P_0 - атмосферное давление, Па;

P – давление в рассматриваемом сечении, Па;

S - площадь проходного сечения подъемной трубы, м².

Из (1) и (2) следует:

$$\lambda = \frac{1 - k_c}{k_c} \frac{2DS^2g}{Q^2 \left(1 + k_c q_0 \frac{P_0}{P}\right)^3}. \quad (3)$$

При исследовании изменения физических параметров газожидкостного потока вдоль подъемной трубы эрлифта закон изменения абсолютного давления близок к линейному, что подтверждается экспериментами [3]. Подставляя в уравнение (3) значение давления P в пределах от $P = P_0 + \rho gh$ до P_0 через бесконечно малый промежуток dZ определяется значение λ . Проведем исследования физических параметров газожидкостного потока вдоль подъемной трубы на примере эрлифта [2] при $\alpha = 0,75$; $H = 22,67$ м; $h = 68$ м; $D = 0,15$ м; $\Delta = 0,00015$.

Пользуясь уравнениями расчета коэффициента Дарси в соответствии с режимом движения жидкости, определяем:

для ламинарного:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (4)$$

где Re – число Рейнольдса.

Для гидравлически гладких труб по Блазиусу:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0.25}}, \quad (5)$$

и переходной зоны по уравнению Альтшуля:

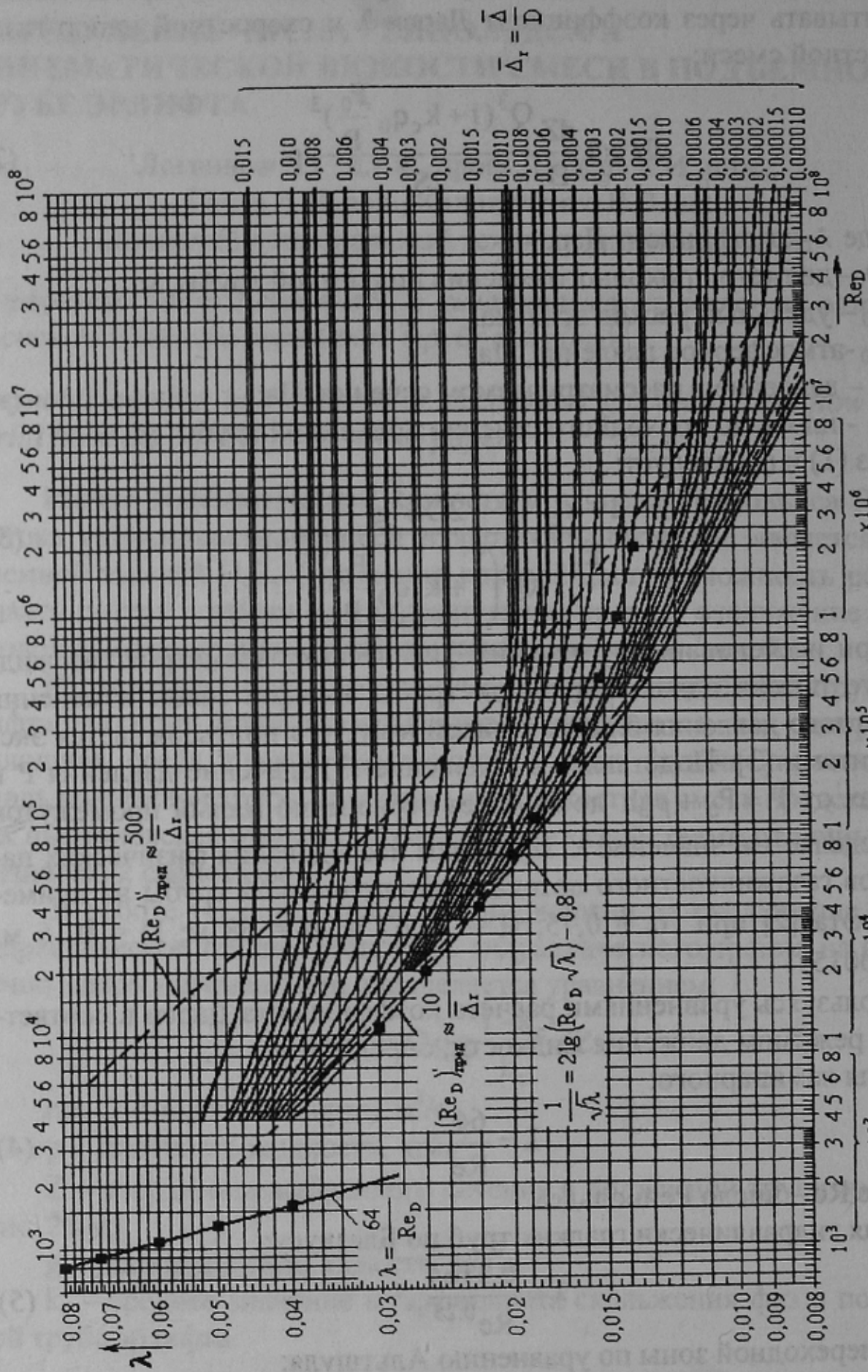


Рис.1 График Кольбура.

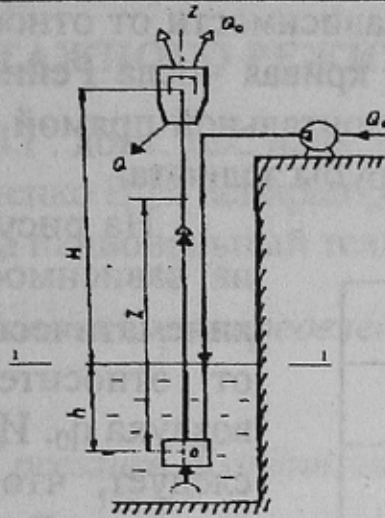


Рис.2. Расчетная схема эрлифта

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\bar{\Delta}}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (6)$$

где $\bar{\Delta}$ - эквивалентная шероховатость трубы, м.

Определяются числа Рейнольдса, вязкость смеси из уравнений (4, 5, 6) и выясняется их реальность по диаграмме Кольбука (рис 1).

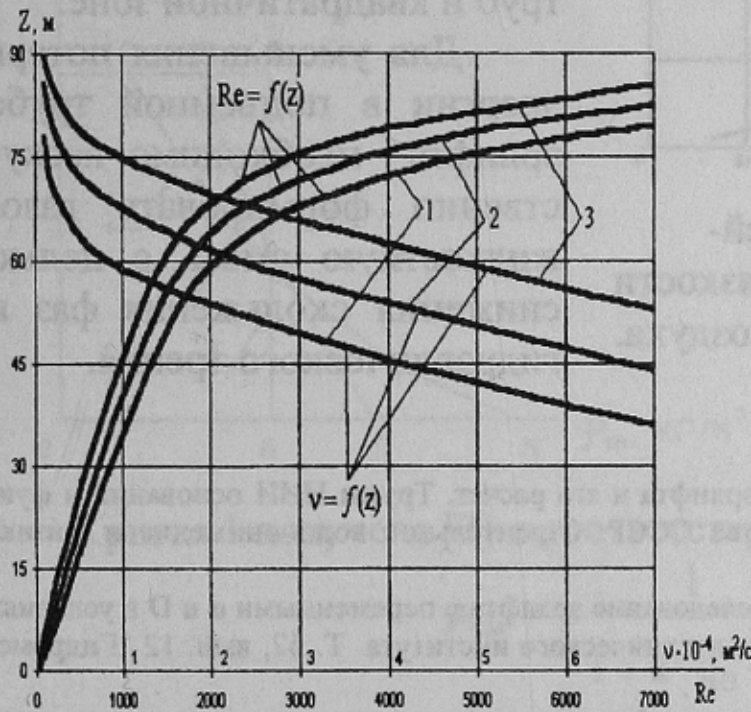


Рис. 3. Зависимость числа Рейнольдса и кинематической вязкости от высоты подъёмной трубы эрлифта.

Все точки нанесенные на диаграмму Кольбука отвечают указанным режимам движения жидкости. Изменение числа Рейнольдса Re и кинематической вязкости смеси вдоль подъемной трубы эрлифта изображены на рис.3. Из анализа графиков рис.3 следует, что режим движения газожидкостной смеси в вертикальной трубе эрлифта аналогичен ламинарному до сечения 1-1, (рис.2) по поверхности уровня жидкости в емкости, откачиваемой эрлифтом. Дальнейший режим движения турбулентный. Значение числа Re и кинематической вязкости v смеси для квадратичной зоны получены со-

матической вязкости v смеси для квадратичной зоны получены со-

гласно диаграммы Кольбука в зависимости от относительной шероховатости. В квадратичной зоне кривая числа Рейнольдса Re асимптотически приближается к горизонтальной прямой проведенной через верхнее сечение подъемной трубы эрлифта.

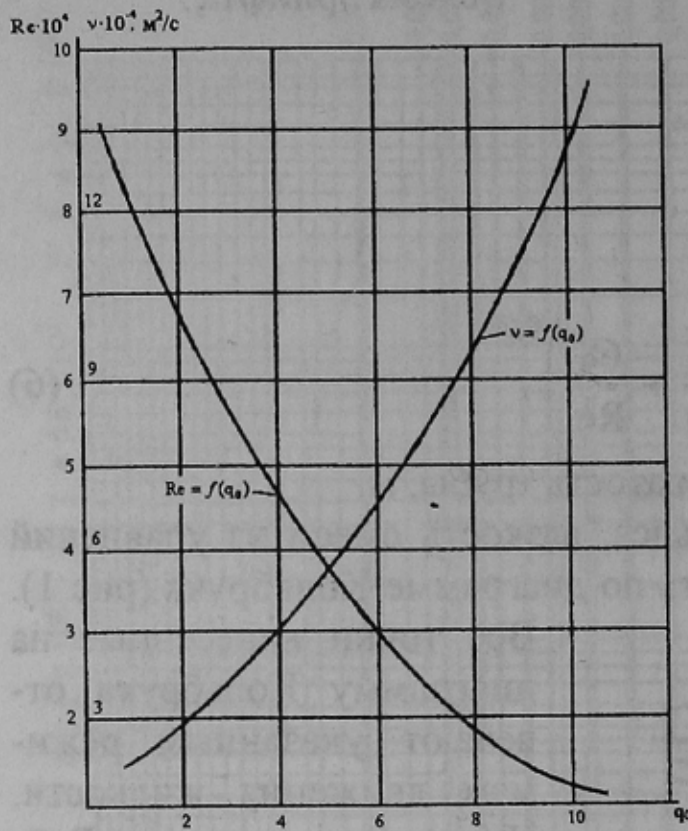


Рис. 4. Зависимость числа Рейнольдса и кинематической вязкости от относительного расхода воздуха.

На рисунке 4 изображена зависимость числа Re и кинематической вязкости ν от относительного расхода воздуха q_0 . Из графиков рис.4 следует, что с повышением q_0 , число Re уменьшается, а кинематическая вязкость возрастает. Основные потери энергии происходят в подъемной трубе на участке Н подачи эрлифта, то есть в зоне гидравлически гладких труб и квадратичной зоне.

Для уменьшения потерь энергии в подъемной трубе эрлифта необходимо искусственно формировать газожидкостную смесь с целью снижения скольжения фаз и гидравлического трения.

Список источников:

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. Т. 62, вып. 12 "Гидромеханизация". Донецк., 1961.
3. Крылов А.П. Потери трения и скольжения фаз при движении жидкости и газа по вертикальным трубам. Нефтяное хозяйство № 8, 1935.
4. Логвинов Н.Г., Надеев Е.И. Расчет гидравлического трения и скольжения фаз газожидкостной смеси в эрлифте. – Деп в ЦНИИ уголь. Спр. 3957. М., 1987.
5. Мамаев В.А. Одишария Г.Э. и др. Гидродинамика газожидкостных смесей в трубах. Изд. "Недра". М., 1969.