

де H_{01} – величина напору у вільній ємності нагнітального трубопроводу, м,

H_{02} – величина напору у низпадаючій ділянці всмоктуючого трубопроводу, м,

Q_{02} – подача через обвідну трубку.

Підраховано, що для прийнятої водовідливної установки час відповідно дорівнює 21, 28 та 15 с.

Висновки. З аналізу існуючих способів заповнення водою насосів витікає, що найбільш повно задовольняє вимогам системи пуску з використанням ємності низпадаючої частини всмоктуючого трубопроводу для створення необхідного вакууму та частини об'єму нагнітаючого трубопроводу для видалення в нього повітря з всмоктуючого трубопроводу, який не потребує установки прийомного клапана при вході або застосування бакових акумуляторів. Встановлено можливість заповнення водою насосної установки при довгих всмоктуючих трубопроводах за рахунок зовнішньої рециркуляції води, та приведені залежності, що дозволяють розрахувати параметри рециркуляційного потоку та необхідної вільної ємності в нагнітаючому трубопроводі. Тривалість пускового періоду, що визначається часом заповнення водою насоса, складає 25–35 с, що допускає застосування існуючої апаратури автоматизації.

Література:

1. К.С. Борисенко, А.Г. Боруменский, В.С. Дулин, Н.М. Русанов. Горная механика, Гортехиздат, 1986г.
2. Гейер В.Г. Технические требования к автоматизированным стационарным шахтным водоотливным установкам. Автоматизация шахтных водоотливных установок., 1976г.

УДК 622.276.52:532.529.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ В ПОДЪЕМНОЙ ТРУБЕ ЭРЛИФТА

Вознесенский В.В., доц., к.т.н.; Надеев Е.И.; Ганза А.И.;
Калиниченко В.В.; Немцев Э.Н.
Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ

Постановка проблеми. 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, м³/с;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

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

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

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 $\alpha = 0,75$;

$$H = 22,67 \text{ м}; h = 68 \text{ м}; D = 0,15 \text{ м}; \bar{\Delta} = 0,00015$$

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:

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

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

Определяются числа Рейнольдса, вязкость смеси из уравнений (4, 5, 6) и выясняется их реальность по диаграмме Кольбрука (рис 1). Все точки нанесенные на диаграмму Кольбрука 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 ν смеси для квадратичной зоны получены согласно диаграмме Кольбрука в зависимости от относительной шероховатости. В квадратичной зоне кривая числа Рейнольдса Re асимптотически приближается к горизонтальной прямой проведенной через верхнее сечение подъемной трубы эрлифта.

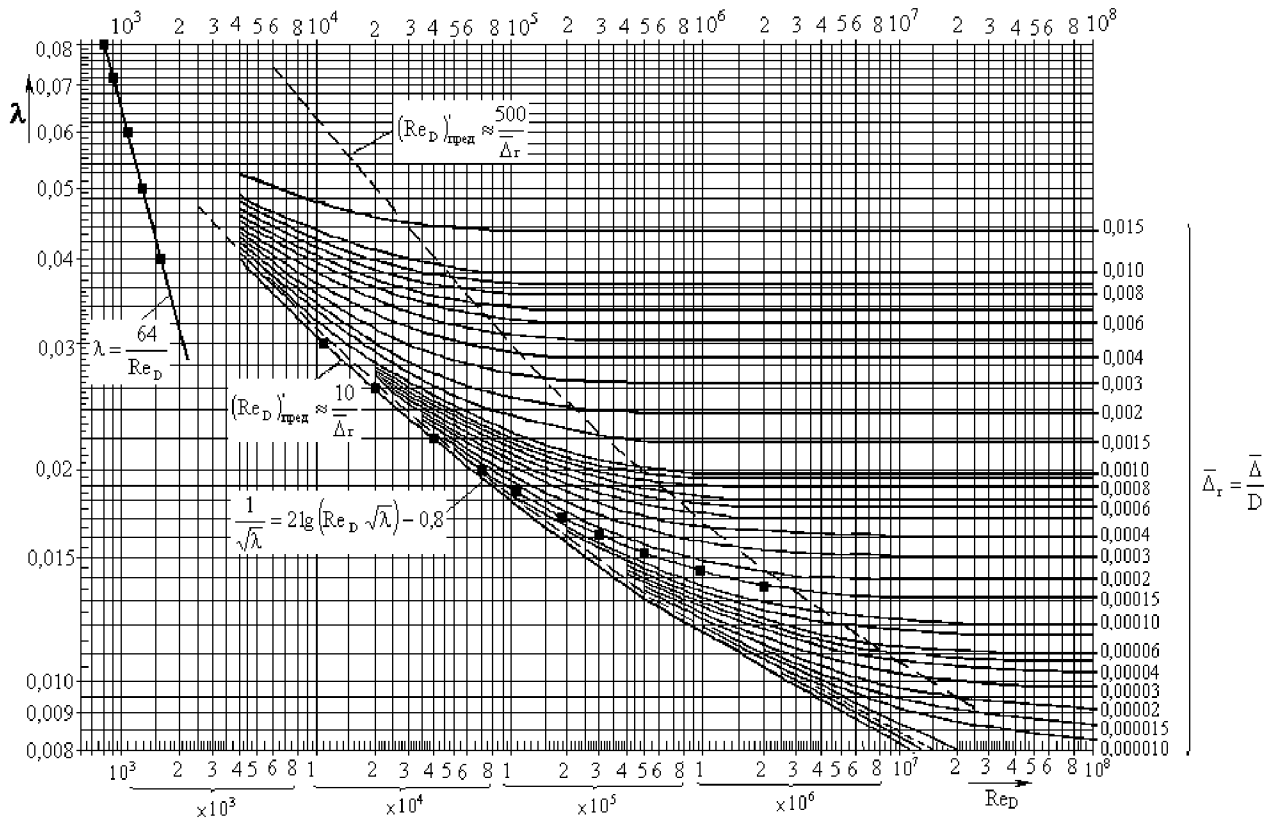


Рис. 1 График Кольбука

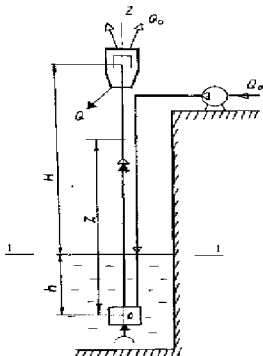


Рис. 2. Расчетная схема эрлифта

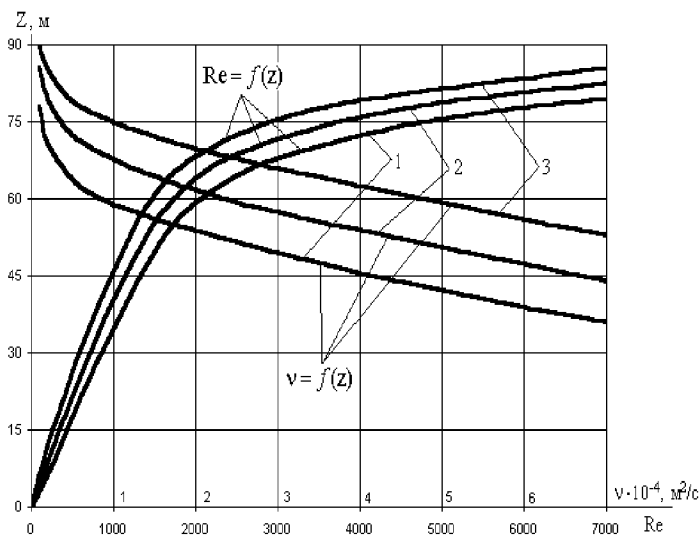


Рис. 3. Зависимость числа Рейнольдса и кинематической вязкости от высоты подъёмной трубы эрлифта.

На рисунке 4 изображена зависимость числа Re и кинематической вязкости ν от относительного расхода воздуха q_0 .

Вывод. Из графиков рис.4 следует, что с повышением q_0 , число Re уменьшается, а кинематическая вязкость возрастает. Основные потери энергии происходят в подъемной

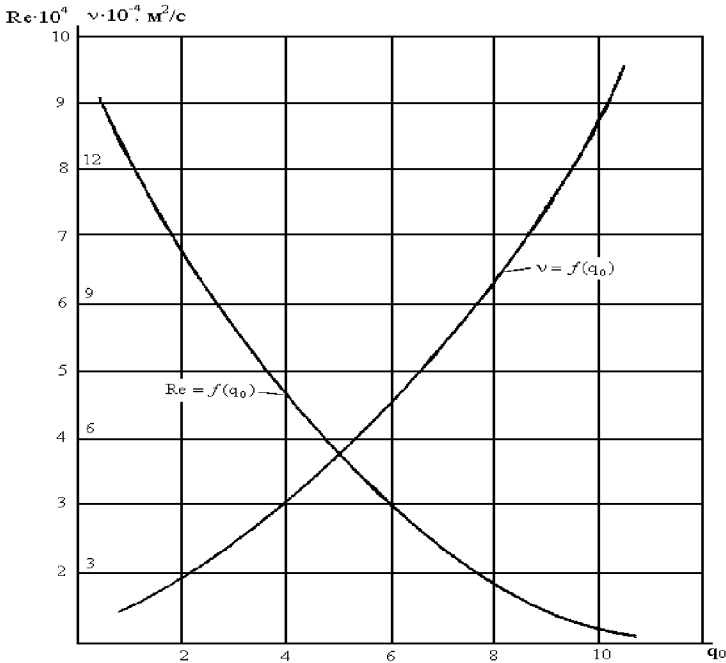


Рис. 4. Зависимость числа Рейнольдса и кинематической

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.

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. 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.

УДК 622.276.52:532.529

ДЕФОРМАЦИЯ ГАЗОЖИДКОСТНОГО ПОТОКА В ЭРЛИФТЕ

Малеев В.Б. проф., д.т.н.; Надеев Е.И.; Ганза А.И.; Калиниченко В.В.
Красноармейский индустриальный институт ДонНТУ

Постановка проблемы. В настоящее время нет возможности без экспериментальных данных построения расходной характеристики эрлифтных установок. Поэтому теоретическое исследование процессов происходящих в реальном эрлифте является одной из важнейших задач и оно будет неполным без учета деформации газожидкостного потока при изменении давления в подъемной трубе эрлифта.

Анализ научных исследований в этом направлении показывает, что они носят экспериментальный характер [1], [2]. Опытным путем установлен близкий к линейному закон распределения давления вдоль подъемной трубы эрлифта [2] (кривая 2 на рис.1), но теоретические исследования процесса не проводились. Поэтому целью данной работы является теоретическое исследование процесса деформации газожидкостного потока (рис. 1).

Постановка задачи. Сравним работу идеального и реального эрлифтов (рис. 1) с одинаковыми начальными параметрами: глубиной погружения h ; диаметром подъемной трубы D ; объемной производительностью Q ; удельным расходом воздуха q_0 .

Под идеальным эрлифтом подразумевается эрлифт с отсутствием скольжения фаз и гидравлического трения при движении газожидкостной смеси. Теоретически установим закон изменения давления вдоль подъемной трубы идеального эрлифта и теоретическую высоту подъема жидкости. Изотермический газожидкостной поток смеси в подъемной трубе идеального эрлифта представим как гипотетическую, сплошную среду сжимаемой идеальной жидкости и запишем уравнение Бернулли в дифференциальной форме (рис. 1):