

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

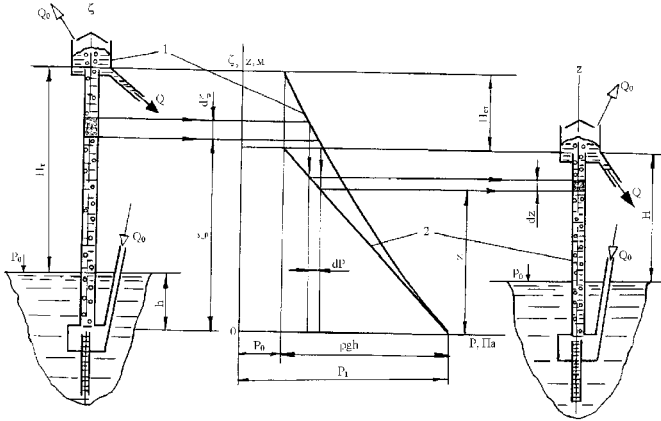
Малеев В.Б. проф., д.т.н.; Надеев Е.И.; Ганза А.И.; Калиниченко В.В.
Красноармейский индустриальный институт ДонНТУ

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):



1 – идеальный эрлифт и 2 – реальный эрлифт и их характеристики.
 Рис. 1 Расчетная схема деформации газожидкостного потока в подъемной трубе эрлифта

$$d\zeta + \frac{dP}{\rho_c g} + d\left(\frac{V_c^2}{2g}\right) = 0, \quad (1)$$

где: ζ – координата рассматриваемого сечения подъемной трубы идеального эрлифта, м;

P – текущее давление в рассматриваемом сечении подъемной трубы эрлифта, Па;

ρ_c – плотность смеси в рассматриваемом сечении, кг/м³;

V_c – скорость смеси в рассматриваемом сечении, м/с;

g – ускорение силы тяжести, м/с².

Плотность смеси ρ_c для идеального эрлифта определяется из равенства массовых расходов газожидкостной смеси и ее компонентов:

$$\rho_c = \frac{\rho}{1 + q_0 \frac{P_0}{P}}, \quad (2)$$

где: ρ – плотность жидкости, кг/м³;

q_0 – удельный расход воздуха идеальным и реальным эрлифтами;

P_0 – давление при нормальных физических условиях, Па.

Удельный расход определяется:

$$q_0 = \frac{Q_0}{Q}, \quad (3)$$

где: Q_0 – расход воздуха, приведенный к нормальным физическим условиям, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q – подача воды, $\text{м}^3/\text{с}$.

Скорость смеси есть отношение полного объемного расхода воздуха и жидкости к площади трубы S :

$$V_c = \frac{Q_0 \frac{P_0}{P} + Q}{S} = \frac{Q}{S} \left(1 + q_0 \frac{P_0}{P} \right). \quad (4)$$

Решаем совместно (1), (2), (4), получаем:

$$\frac{d\zeta}{dP} = - \frac{\left(1 + q_0 \frac{P_0}{P} \right)}{\rho \cdot g} + \frac{Q^2 \left(1 + q_0 \frac{P_0}{P} \right) q_0 P_0}{S^2 g P^2}. \quad (5)$$

Проинтегрировав уравнение (5) при значениях параметров потока на входе в подъемную трубу эрлифта:

$$\zeta = \frac{P_1 - P}{\rho \cdot g} + \frac{P_0 q_0}{\rho \cdot g} \ln \frac{P_1}{P} + \frac{Q^2}{2gS^2} \left[\left(1 + q_0 \frac{P_0}{P_1} \right)^2 - \left(1 + q_0 \frac{P_0}{P} \right)^2 \right] \quad (6)$$

Уравнение (6) устанавливает закон изменения давления вдоль подъемной трубы идеального эрлифта.

Процессы, протекающие в подъемной трубе реального эрлифта, будем рассматривать как квазиустановившиеся и параметры потока в любом сечении усреднены по времени. Рассмотрим влияние деформации газожидкостного потока на его геометрические параметры (рис. 1). Если произвести условное переключение идеального эрлифта на реальный, то вся газожидкостная смесь подъемной трубы идеального эрлифта разместится в подъемной трубе реального эрлифта, а масса смеси в элементарном объеме $d\zeta$ идеального эрлифта равна массе смеси в соответствующем объеме реального эрлифта высотой dz :

$$\rho_p \cdot S \cdot dz = \rho_c \cdot S \cdot d\zeta, \quad (7)$$

где: ρ_p – плотность смеси в реальном эрлифте, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Из рис. 1 следует, что закон изменения давления в реальном эрлифте по [2] носит линейную зависимость. Тогда:

$$\frac{dP}{dz} = - \frac{\rho g h}{H + h} = -\alpha \rho g, \quad (8)$$

где: α – относительная глубина погружения.

Решая совместно (5), (7) и (8), получим:

$$\rho_o = \alpha \rho \left[1 - \frac{Q^2}{S^2} q_0 \rho \frac{P_0}{P^2} \left(1 + \frac{\rho_0}{\rho} q_0 \right) \right]. \quad (9)$$

Уравнение (9) отображает закон изменения плотности смеси только при учете деформации газожидкостного столба. При массовой подаче жидкости на много превышающей массовый расход воздуха составляющей $\frac{\rho_0}{\rho} q_0$ можно пренебречь. Уравнение (9) примет вид:

$$\rho_\partial = \alpha \cdot \rho \left[1 - \frac{Q^2}{S^2} q_0 \rho \frac{P_0}{P^2} \right] \quad (10)$$

Площадь, занятая жидкой фазой, будет пропорциональна плотности смеси:

$$S_{жс} = \alpha \cdot S \left[1 - \frac{Q^2}{S^2} q_0 \rho \frac{P_0}{P^2} \right]. \quad (11)$$

Площадь, занятая газообразной фазой, находится из уравнения:

$$S_e = S - S_{жс} = \left[1 - \alpha \left(1 - \frac{Q^2}{S^2} \rho q_0 \frac{P_0}{P^2} \right) \right] S \quad (12)$$

Установим истинное (объемное) среднее по времени газосодержание, как среднюю по времени долю сечения трубы, занятую газовой фазой:

$$\varphi_\partial = \frac{S_e}{S}. \quad (13)$$

После совместного решения уравнений (12) и (13) получим:

$$\varphi_\partial = 1 - \alpha \left(1 - \frac{Q^2}{S^2} \rho q_0 \frac{P_0}{P^2} \right). \quad (14)$$

Определим средние по времени скорости фаз в произвольном сечении:

$$V_{жс} = \frac{Q}{S} \cdot \frac{1}{\alpha \left(1 - \frac{Q^2}{S^2} \rho q_0 \frac{P_0}{P^2} \right)}. \quad (15)$$

$$V_e = \frac{Q}{S} \cdot q_0 \frac{P_0}{P} \cdot \frac{1}{\left[1 - \alpha \left(1 - \frac{Q^2}{S^2} \rho q_0 \frac{P_0}{P^2} \right) \right]}. \quad (16)$$

Коэффициент скольжения фаз при учете только деформации газожидкостного столба определится как отношение скорости жидкой фазы к скорости газообразной фазы:

$$K_o = \left[\frac{1}{\alpha \left(1 - \frac{Q^2}{S^2} \rho q_0 \frac{P_0}{P^2} \right)} - 1 \right] \frac{P}{q_0 P_0}. \quad (17)$$

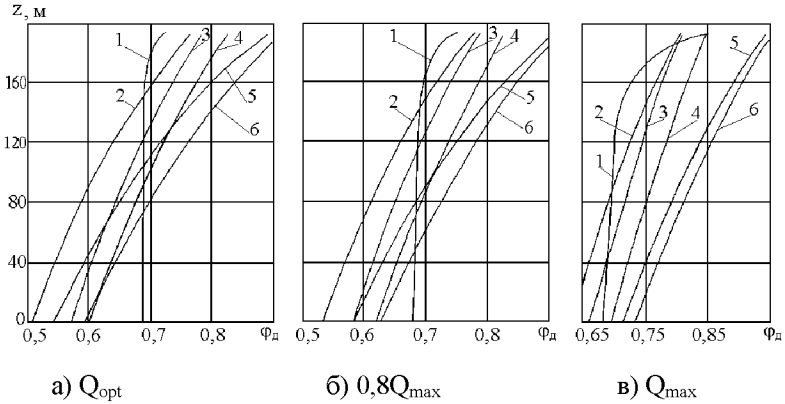
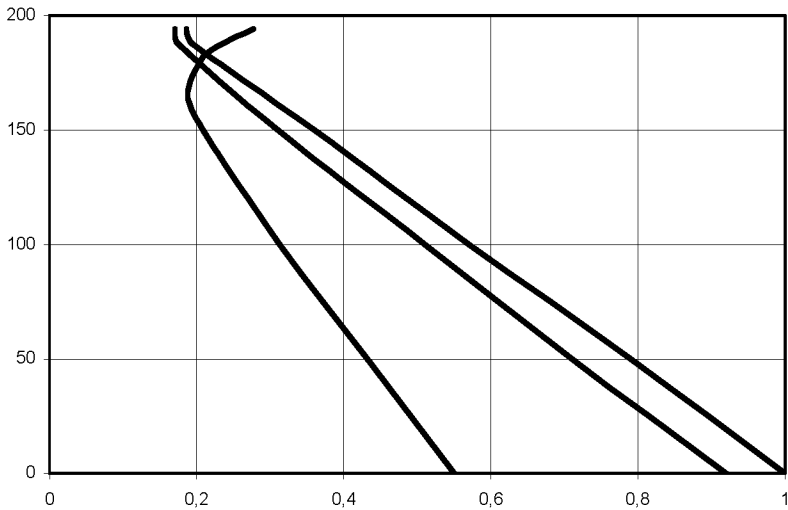


Рис. 2 Распределение газонасыщенности потока смеси вдоль подъемной трубы эрлифта: $\alpha = 0,318$; $D = 0,15$ м; $h = 61$ м.
 1 – теоретическая, экспериментальные; 2 – Никлина; 3 – Арманд-Невструевой; 4 – Джеурджеску; 5 – Крылова, 6 – Грифитса-Уоллиса.



Вывод. Из графиков на рис. 2 и рис. 3 следует, что при деформации газожидкостного столба коэффициент скольжения фаз – величина переменная, и чем ближе к устью эрлифта, тем он меньше. Но при Q_{max} он может возрастать (рис. 3), так как газожидкостная смесь представляет собой мелко дисперсную структуру. Теоретическая кривая 1 газонасыщенного потока на рис. 2 пересекает область всех экспериментальных кривых и ни одной не подобна. Этот фактор указывает на то, что кроме явления деформации необходимо учитывать гидродинамику процесса движения жидкости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арманд А.А., Невструева Е.И. Исследование механизма движения двухфазной смеси в вертикальной трубе. Известия ВТИ, №2, 1960 г.
2. Крылов А.П. Потери трения и скольжения при движении жидкости и газа по вертикальным трубам.

УДК 622.673.1

СНИЖЕНИЕ ДИНАМИКИ МНОГОКАНАТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ В РЕЖИМЕ ПРЕДОХРОНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ПУТЕМ УСТАНОВКИ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ

Жлобич Н.Я. ст. пр.

Красноармейский индустриальный институт ДонНТУ

В статье рассматривается вопрос целесообразности установки гасителей колебаний в многоканатной подъемной установке с целью снижения динамики работы подъема. Сравняются два случая: а) когда гаситель колебаний имеет массу 2÷4% от массы грузенного сосуда и крепиться непосредственно к нему; б) когда гасителем колебаний является сам подъемный сосуд в системе приведения масс подъемной установки.

При предохранительном торможении подъемной установки с гасителями колебаний, установленными на сосудах, движение звеньев многоканатного подъема описывается системой дифференциальных уравнений для пятимассовой системы [1].

$$\left(m_1 + \frac{m_{k_2} + m_{k_3}}{3}\right) \ddot{x}_1 + \frac{m_{k_2}}{6} \ddot{x}_2 + \frac{m_{k_3}}{6} \ddot{x}_3 + c_2 \{x_1 - x_2\} + c_3 \{x_1 - x_3\} = -F_m - \{Q_1 - Q_2\};$$

$$\left(m_2 + \frac{m_{k_2}}{3}\right) x_3 + \frac{m_{k_2}}{6} x_1 - k_4 \{\dot{x}_4 - \dot{x}_2\} + c_2 \{x_2 - x_1\} - c_4 (x_4 - x_2) = 0;$$