Proceedings of IAM, V.5, N.1, 2016, pp.133-141

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА РАЗНЫХ УЧАСТКАХ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ

Н.А. Исмаилов[1,2]

[1]Институт Прикладной Математики, Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан
[2]Институт Информационных Технологий, Баку, Азербайджан
e-mail: inao212@rambler.ru

Резюме. Показывается, что при добыче нефти с газлифтным способом основной задачей является определение коэффициента гидравлического сопротивления (КГС) на разных участках в насосно-компрессорных трубах (НКТ). Используя метода наименьших квадратов и опираясь на промысловые статистические данные (или же истории скважины, т.е. с момента пуска скважины в эксплуатацию до настоящего времени) предлагается вычислительный алгоритм нахождения КГС на каждом заданном участке подъемника. Приводится иллюстративный пример.

Ключевые слова: газлифт, газожидкостная смесь, идентификация, усреднение, нелинейных алгебраических уравнений, Грамм-Шмид

AMS Subject Classification: 49J15, 49J35.

1. Введение

Эксплуатация залежей, при добыче нефти фонтанным, газлифтным, штанговыми скважинными насосами, бесштанговыми насосами (центробежными) [1-4], а также при транспортировке нефтепродуктов в коллекторах на дальние расстояния из-за вязкости карбогидратов происходят парафиноотложений ингибиторов, а также наличие песка, коррозионных агентов и солей осложняют поток [1]. А это требует решение задачи определения КГС на НКТ или же на магистральных трубопроводах [4-6]. Такие задачи были рассмотрены в работах [4,6-8], в которых осредненный КГС был определен по всей длине НКТ или же на трубопроводах между узловыми точками, т.е. на дугах [5]. Однако такой подход не позволяет определить парафинотложений (или КГС) на определенных требуемых участках. Для определения КГС на заранее задаваемых участках как и в [4,9] будет опираться на статистические данные промыслов. Используя метод наименьших квадратов составляется квадратичный целевой функционал. Минимизация этого функционала по КГС дает искомый результат. Отметим, что это является многопараметрической задачей оптимизации (количество параметров λ_i $\left(i=\overline{1,N}\right)$) являются числом задаваемых участков) являющиеся чрезвычайно сложной задачей [10]. Поэтому используя результатов [4,11,12] на основе модифицированного градиентного метода,а также метод ортогонализации Грамм-Шмидта приводится вычислительный алгоритм позволяющей найти КГС с достаточно высокой точностью. Результаты иллюстрируется на конкретном практическом примере.

2. Постановка задачи

Как известно [6,13,14] движение в газлифтном процессе описывается следующим обыкновенным нелинейным дифференциальным уравнением на интервале (0,2l)

$$Q(x) = \frac{2a_i \rho_i F_i Q^2(x)}{c_i^2 \rho_i^2 F_i^2 - Q^2(x)} \qquad (i = 1,2) \qquad (1)$$

с начальными условиями

$$Q(0) = Q_0 \qquad (2)$$

где a_i, F_i, c_i, ρ_i, ω_i, λ_i, g_i $(i = 1,2)$ имеют конкретные практические значения и определяются как в [14]. Решая уравнения (1) в интервале $[o,\, l - 0)$ определяется $Q(l - o)$ в виде

$$Q(l-o) = (-a_1\rho_1 F_1 l) + \frac{Q_0}{2} + \frac{c_1^{\,2}\rho_1^{\,2}F_1^{\,2}}{2Q_0} - $$
$$- \sqrt{\left(a_1\rho_1 F_1(l) - \frac{Q_0}{2} - \frac{c_1^{\,2}\rho_1^{\,2}F_1^{\,2}}{2Q_0}\right) - c_1^{\,2}\rho_1^{\,2}F_1^{\,2}} \qquad (3)$$

Переход от $l - 0$ к $l + 0$ в башмаке скважины Q_{l+0} определяется со следующим нелинейным импульсным уравнением [15,16]

$$Q_{l+0} = F_\delta Q_{l-0} + \left[-\delta_3\left(Q_{l-0} - \delta_2\right)^2 + \delta_1\right]\overline{Q}\ , \qquad (4)$$

где $F_\delta, \delta_0, \delta_1,\ \delta_2$ определится как в [7,8] $\overline{Q}$ является притоком из пласта в призабойную зону [16].

После определения Q_{l+0} по формуле (4) (т.е. образованнее ГЖС) уравнения (1) решается в интервале $(l + 0, 2l]$. Такой подход решения задачи (1), (2), (4) в интервале $[0, 2l]$ возможно толко при известных $a_i = \frac{g_i}{2\omega_i} + \frac{2\lambda_i\omega_i}{4F_i}$, $i = \overline{1,2}$, т.е. предполагается, что КГС известен из истории скважины.

Определение КГС в практике является трудоемкой работой, при котором эксплуатация скважины останавливается. В работах [4,7,9] определение усредненный КГС исследовалось по всей глубине подъемника. Однако в практике обычно гидравлическое сопротивление бывает на разных участках трубопровода разным по всей глубине. Отметим, что в газлифтных скважинах в НКТ λ_c (гидравлическое сопротивление) изменяется в интервале $1 \geq \lambda_c \geq 0$ [2]. Предположим, что после капремонта скважины на разных участках НКТ известны КГС - $\lambda_i\left(i=\overline{1,n}\right)$. λ_1 соответствует началу скважины, а λ_n концу НКТ (поверхность земли), здесь $\lambda_1 > \lambda_2 > \ldots \lambda_n$. Здесь λ_1 соответстве участку $\left(l+o,\ \ l\right]$, а λ_n к участкам $\left(l_{n-1},\ 2l\right]$. Из статистики также известны $Q_0^{i^{st}}$ [вход скважины], $Q_{2l}^{j^{st}}$ (выход сквашены) $j=\overline{1,m}$. Таким образом решая уравнения (1) с начальным условием $Q_0^{j^{st}}\left(j=\overline{1,m}\right)$ последовательно в интервалах $\left[0,\ l-0\right)$, $\left(l-o, l+0\right)$, $\left(l_{l+0}, l_1\right] \ldots \left(l_{n-1}, 2l\right]$ находятся $Q_{2l}^{j^{реш}}$ из (1). Таким образом сравнивая решения уравнения (1) $Q_{2l}^{j^{реш}}$ с $Q_{2l}^{j^{st}}$ можно поставить следующую обратную задачу для определения КГС на разных участках (границы этих участках заранее известны или заданы) НКТ.

С этой целью определим следующий квадратичный функционал

$$I=\sum_{j=1}^{m}\left[Q_{2l}^{j^{st}}-Q_{2l}^{j}\left(Q_0^{j^{st}},\ \lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_n\right)\right]^2 \qquad (5)$$

являющая разностью статистических данных (дебит скважин) и решений уравнений (1) с соответствующими статистическими начальными условиями который является в начале кольцевого пространства подаваемый объем газа. Здесь m - число статистических наблюдений.

Таким обрезом, задача состоит нахождение таких λ_i, $i=\overline{1,n}$ при котором функционал (5) получил бы минимальное значение.

3. Метод решение

Градиентный вектор для $I\left(\lambda_1,\lambda_2,\ldots\lambda_n\right)$ аналитически вычислить практически невозможно. Поэтому $\nabla\dfrac{\partial I}{\partial\lambda_i}$, $i=\overline{1,n}$ вычислим следующими формулами, являющиеся частными производными по оптимизируемым переменным $\lambda_i, i=\overline{1,n}$

$$\frac{\partial I\left(\lambda_1,\ldots\lambda_n\right)}{\partial\lambda_1}=\frac{I\left(\lambda_1+\Delta_1,\lambda_2\ldots\lambda_n\right)-I\left(\lambda_1-\Delta_1,\lambda_2\ldots\lambda_n\right)}{2\Delta_1}$$

\- -

\- -

\- -

$$\frac{\partial I(\lambda_1,..\lambda_n)}{\partial \lambda_n}=\frac{I(\lambda_1,\lambda_2,...,\lambda_n+\Delta_n)-I(\lambda_1,\lambda_2,...,\lambda_n-\Delta_n)}{2\Delta_n}$$

Где $\Delta_i, i=\overline{1,n}$ достаточно малые параметры. Параметры $\Delta_i, i=\overline{1,n}$ выбирается так, чтобы ошибка в аппроксимации не превышала разумного предела. Минимум функционала (5) находится как и в работе [4,11,12,17] Рассмотрим более простой случай, принимая $n=2,$ т.е. длина НКТ разбито на две части. Предположим, что интервал $(l+0;\ 2l]$ разбито на двух равных частей, т.е. на подинтервале $\lfloor l+0; l_{cp}\rfloor$ и $\lfloor l_{cp};\ 2l\rfloor$, где $l_{cp}=\frac{l}{2}$. l- глубина газлифтной скважины или же длина насосно компрессорной трубы. Квадратичный функционал (5) в отличие, когда длина НКТ разбито больше чем на две части перепишем в другом виде, когда длина НКТ развбито на две части так как в этом случае (длина НКТ разбито на две части) для нахождением минимума функционал (5) градиент можно получить в аналитической форме. Итак предположим, что из истории промысла для газлифтных скважин в начале кольцевого пространства известны $Q_0^{j^{st}}$, а в конце НКТ $Q_{2l}^{j^{st}}$. Также известны на разбитых участках НКТ коэффициент гидравлических сопротивлений λ_1 и λ_2 соответственно в интервалах $(l+0; l_{cp}\rfloor$ и $(l_{cp}; 2l]$. Сначала при заданных начальных условиях $Q_0^{j^{st}}\left(j=\overline{1,m}\right)$ в интервале $(0; l-0]$ находятся соответствующий Q_{l-0}^{j}, затем в $l-0; l+0$ находятся Q_{l+0}^{i}, а в интервале $l+0; l_{cp}$ с начальными значениями находятся соответствующие $Q_{l_{cp}}^{j}\left(Q_0^{j^{st}},\lambda_1\right)$, $j=\overline{1,m}$ в следующем виде

$$Q_{l_{cp}}^{j}\left(Q_o^{i^{st}},\lambda_1\right)=-a_2\rho_2F_2\cdot\frac{l}{2}+\frac{{c_2}^2{\rho_2}^2{F_2}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_0^{j^{sti}},Q_{l-0}^{j}\right)}{2Q_{l+0}^{j}\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^{j}\right)}-$$

$$-\sqrt{\left(a_2\rho_2F_2\cdot\frac{l}{2}-\frac{{c_2}^2{\rho_2}^2{F_2}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^{j}\right)}{2Q_{l+0}^{j}\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^{j}\right)}\right)^2-{c_2}^2{\rho_2}^2{F_2}^2}$$

Здесь $a_2=\dfrac{g}{2\omega_{2c}}+\dfrac{\lambda_1\omega_{2c}}{4F_2}$

В интервале $\left[l_{cp};2l\right]$ в конце НКТ (в точке $2l$, т.е. поверхность земли) принимая статистические данные $Q_{2l}^{j^{st}}$ за начальные условия и $Q_{l_{cp}}^{j}\left(Q_{2l}^{j^{st}},\lambda_2\right)$ определяется в следующем виде:

$$Q_{l_{cp}}^{j}\left(Q_{2l}^{j^{st}},\lambda_2\right)=-a_2\rho_2F_2\cdot\left(-\frac{l}{2}\right)+\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{i^{st}}}-$$

$$-\sqrt{\left(a_2\rho_2F_2\cdot\left(-\frac{l}{2}\right)-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{j^{st}}}\right)^2-c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2}\ ,$$

Здесь $a_2=\dfrac{g}{2\omega_{2c}}+\dfrac{\lambda_2\omega_{2c}}{4F_2}$.

Итак для определения КГС λ_1 и λ_2 в НКТ функционал будет выглядить в следующем виде

$$I\left(Q_0^{j^{st}},Q_{2l}^{j^{st}},\lambda_1,\lambda_2\right)=\frac{1}{2}\sum_{j=1}^{N}\left[Q_{l_{cp}}^{j}\left(Q_0^{j^{st}},\lambda_1\right)-Q_{l_{cp}}^{j}\left(Q_{2l}^{j^{st}},\lambda_2\right)\right]^2 \tag{6}$$

Минимизируя функционал (6) по λ_1 и λ_2 можно определить КГС в НКТ, а для этого нужно определить градиент функционала по переменным λ_1 и λ_2.

Принимая $a_2=\dfrac{g}{2\omega_{2c}}+\dfrac{\lambda_1\omega_{2c}}{4F_2}$ функционал (6) переходит к виду;

$$I\left(Q_0^{j^{st}},Q_{2l}^{j^{st}},\lambda_1,\lambda_2\right)=\frac{1}{2}\sum_{j=1}^{m}\left[\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_1\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}+\right.$$

$$+\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^{j}\right)}{2Q_{l+0}^{j}\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^{j}\right)}-$$

$$-\sqrt{\left(\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_1\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_o^{j^{st}},Q_{l-0}^{j}\right)}{2Q_{l+0}^{j}\left(Q_o^{j^{st}},Q_{l-0}^{j}\right)}\right)^2-c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2}-$$

$$-\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_2\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}+\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{j^{st}}}+$$

$$\left.+\sqrt{\left(\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_2\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{j^{st}}}\right)^2-c^2\rho^2F^2}\right]^2 \tag{7}$$

Итак функционал (7) можно продифференцировать по λ_1, λ_2 аналитически и составляющие градиента $I(\lambda_1, \lambda_2)$ будут

$$\frac{\partial I\left(Q_o^{j^{st}}, Q_{2l}^{j^{st}}, \lambda_1, \lambda_2\right)}{\partial \lambda_1} = \sum_{j=1}^{m}\left[\left(\frac{\omega_{2c}\rho_2 l}{8} - \right.\right.$$

$$-\frac{\left(\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_1\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2 F_2\frac{l}{2}-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}{2Q_{l+0}^j\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}\right)\frac{\omega_{2c}\rho_2 l}{8}}{\sqrt{\left(\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_1}{4F_2}\right)\rho_2F_2l-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}{2Q_{l+0}^i\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}\right)^2-c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2}}\times$$

$$\sum_{i=1}^{m}\left[\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_1\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}+\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}{2Q_{l+0}^j\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}-\right.$$

$$-\sqrt{\left(\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_1\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_o^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}{2Q_{l+0}^j\left(Q_o^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}\right)^2-c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2}-$$

$$-\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_2\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}+\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{j^{st}}}+$$

$$\left.+\sqrt{\left(\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_2\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{j^{st}}}\right)^2-c^2\rho^2F^2}\right]$$

$$\frac{\partial I\left(Q_o^{j^{st}}, Q_{2l}^{j^{st}}, \lambda_1, \lambda_2\right)}{\partial \lambda_2} = \sum_{j=1}^{m}\left[\left(-\frac{\omega_{2c}\rho_2 l}{8} + \right.\right.$$

$$+\frac{\left(\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_2\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{j^{st}}}\right)\frac{\omega_{2c}\rho_2 l}{8}}{\sqrt{\left(\left(\frac{g}{\omega_{2c}}+\frac{\lambda_2\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{j\ st}}\right)^2-c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2}}\times$$

$$\sum_{j=1}^{m}\left[\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_1\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}+\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}{2Q_{l+0}^j\left(Q_0^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}-\right.$$

$$-\sqrt{\left(\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_1\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{l+0}^{j^2}\left(Q_o^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}{2Q_{l+0}^j\left(Q_o^{j^{st}},Q_{l-0}^j\right)}\right)^2-c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2}-$$

$$-\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_2\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}+\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2{}^2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{j^{st}}}+$$

$$+\sqrt{\left(\left(\frac{g}{2\omega_{2c}}+\frac{\lambda_2\omega_{2c}}{4F_2}\right)\rho_2F_2\frac{l}{2}-\frac{c_2{}^2\rho_2{}^2F_2+Q_{2l}^{j^{st}}}{2Q_{2l}^{j^{st}}}\right)^2-c^2\rho^2F^2}\;\Bigg]$$

Таким образом, решив системы нелинейных алгебраических уравнений (8), (9) относительна λ_1,λ_2 находим искомые КГС на двух разных участках НКТ.

Авторы выражают огромную благодарность академику Фикрету Алиеву за ценные советы.

Литература

1. Aliev F.A., Aliev N.A., Guliev A.P., Time frequency method of solving one its application to the oil extraction, Журнал математической физики, анализа, геометрии, том.12, 2, 2016. с.101-112.
2. Aliev F.A., Ismailov N.A, . Mukhtarova N.S., Algorithm to Determine the Optimal Solution of a Boundary Control Problem, Automation and Remote Control, 2015, Vol.76, No.4, pp.627–633.
3. Aliev F.A., Ismailov N.A., Namazov A.A., Asymptotic method for finding the coefficient of hydraulic resistance in lifting of fluid on tubing, Journal of Inverse and Ill-posed Problems, Vol.23, No.5, 2015, pp.511–518.
4. Aliev F.A., Ismailov N.A., Inverse problem to determine the hydraulic resistance coefficient in the gas-lift process, Applied and Computational Mathematics, Vol.12, No.3, 2013, pp.306-313.
5. Bellman P.E., Kalaba P.E., Quailinearization and nonlinear boundary problems, Moscow, Mir, 1968, 153p.
6. Himmebblau D.M., Applied Nonlinear Programming, New York: Craw-Hill Book Company, 1972, p.536.
7. Ismailov N.A., Atabeyli B., Aliev F.A., Determination of the hydraulic resistance during transport of liquid through pipes, Nobel Brothers 2nd International Research Innovative Conference, Proceedings 13-14 September 2013, Stockholm, pp.67-79.
8. Maksudov F.G., Aliev F.A. Optimization of impulse systems with unseparated boundary conditions, Dokl., Akad., Nauk SSSR, 280(4), 1985, pp.796-798.
9. Алиев Н.А., Алиев Ф.А., Гулиев А. П., Ильясов М.Х., Метод рядов в решении одной краевой задачи для системы уравнений

гиперболического типа, возникающих при добыче нефти, Proceedings of the Institute of Applied Mathematics, Vol.2, No.2, 2013, с.113-136.

10. Алиев Н.А., Алиев Ф.А., Муталлимов М.М., Тагиев Р.М., Алгоритм построения модели Россера для газлифтного процесса при добыче нефти, Proceedings of the Institute of Applied Mathematics, Vol.3, No.2, 2014, с.173-184.
11. Алиев Ф. А., Исмаилов Н.А., Об одном методе линеаризации для нелинейных систем, Мехатроника Автоматизазия, Управление, №6(135), 2012, с.2-6.
12. Алиев Ф.А., Исмаилов Н.А., Муталлимов М.М., Раджабов М.Ф., Алгоритмы построения оптимальных регуляторов при газлифтной эксплуатации, Автоматика и телемеханика, 2012, №8, стр. 3-15.
13. Алиев Ф.А., Исмаилов Н.А., Задачи Оптимизации с периодическим краевым условием и граничным управлением в газлифтных скважинах, Нелинейные колебания, 2014, т.17, № 2, с.151-160.
14. Алиев Ф.А., Ильясов М.Х., Джамалбеков М.А., Моделирование работы газлифтной скважины, Докл. НАН. Азербайджана, 2008, № 4, с.30-41.
15. Алиев Ф.А., Исмаилов Н.А. Об одной задаче идентификации в линейном стационарном случае. Доклады НАН Азербайджана, т. 46, N.6, 2010, с. 6-14.
16. Гулиев А.П., Ильясов М.Х., Алиев Н.А., Алиев Ф.А., Алгоритм решения задачи определения движения пространственного газлифтного процесса, Proceedings of IAM, Vol.2, No.1, 2013, pp.91-98.
17. Ларин В.Б., Управление шагающами аппаратами, Киев, Наук. думка, 1980, 168 с.
18. Мирзаджанзаде А.Х., Аметов И.М., Хасаев А.М., Гусев В.И., Технология и техника добычи нефти, М.: Недра, 1986.
19. Шуров В.И., Технология и техника добычи нефти, Москва, Недра, 1983, 510с.

Nasos kompressor borularının müxtəlif hissələrində hidravlik müqavimət əmsalının təyin edilmə üsulu

N.A. İsmayılov

XÜLASƏ

Qazlift üsulu ilə istismar edilən neft quyularında nasos kompressor borularının müxtəlif hissələrində hidravlik müqavimət əmsalının təyini üçün riyazi model verilir. Modelin giriş və çıxış parametrlərinə nəzərən çoxparametrli optimallaşdırma məsələsi həll edilir.

Açar sözlər: qaz lift, qaz-maye qarışığı, identifikasiya, ortalaşma, qeyri-xətti cəbri tənliklər, Qram-Şmid

Method for determining flow resistance coefficient on different parts of the tubing

N.A. Ismailov

ABSTRACT

In the work was consider mathematic model for defining hydraulic resistence coefficient in the various part of the pump-compressor pipes in the oil wells operated by gaslift method. The multiparameter optimization problem by input-output parameters of the model was solved.

Keywords: gas lift, gas-liquid mixture, identification, averaging, nonlinear algebraic equations, Gram-Schmidt