

УДК 622.244.43:532.51.013:65.012

Булат А.Ф., акад. НАНУ, д-р техн. наук, професор,
Блюсс Б.А., д-р техн. наук, професор,
Шевченко В.Г., д-р техн. наук, ст. наук. сотр.,
Елисеев В.И., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.
(ИГТМ НАН Украины)
Лях М.М., канд. техн. наук, професор
(Ивано-Франковский национальный
технический университет нефти и газа)
Дреус А.Ю. канд. техн. наук, доцент
(Днепропетровский национальный
университет им. О. Гончара)

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ
ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ПРОМЫВКИ
СКВАЖИН**

Булат А.Ф., акад. НАНУ, д-р техн. наук, професор,
Блюсс Б.О., д-р техн. наук, професор,
Шевченко В.Г., д-р техн. наук, ст. наук. співроб.,
Єлисєєв В.І. канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.
(ІГТМ НАН України)
Лях М.М., канд. техн. наук, професор
(Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу)
Дреус А.Ю., канд. тех. наук, доцент
(Дніпропетровський національний
університет ім. О.Гончара)

**РОЗРОБКА МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ДВОФАЗНОГО
ПОТОКУ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ПРОМИВАННЯ
СВЕРДЛОВИН**

Bulat A.F., Acad. NASU, D.Sc. (Tech.), Professor,
Blyuss B.A., D.Sc. (Tech.), Professor,
Shevchenko V.G., D.Sc. (Tech.), Senior Researcher,
Eliseev V.I., Ph.D. (Phys.-Math.), Senior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine)
Lyakh M.M., Ph.D. (Tech.), Professor
(Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas)
Dreus A.Yu., Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(Oles Honchar Dnipropetrovsk National University»)

**DEVELOPMENT THE METHODS OF CONTROL TWO-PHASE FLOW
PARAMETERS OF FLUID FOR FLUSHING OF WELLS**

Аннотация. Вопросы, рассмотренные в статье, связаны с проблемой использования пен в качестве промывочных жидкостей при бурении нефтегазовых скважин. Целью статьи является оценка возможности управления параметрами газожидкостного потока в процессах пеногенерации и пеноподавления с помощью механических воздействий. Рассмотрены два возможных метода управления параметрами двухфазного потока: вдув/отсос газа и изменение геометрии канала. В качестве инструмента исследования использовано математическое моделирование. На основе теории одномерных двухфазных течений предложена методика расчета и исследовано влияние вдува/отсоса газа вдоль канала на истинное газосодержание в потоке и трение на стенке. Также рассмотрено влияние диаметра канала на указанные параметры. Результаты исследования показали, что комбинированное использование данных воздействий может являться эффективным инструментом управления структурой газожидкостного потока. Полученные результаты представляют интерес для разработки технических устройств пеногенерации и пеноподавления в скважинах.

Ключевые слова: управление газожидкостным потоком, пена, математическое моделирование, газосодержание, трение

Введение

В настоящее время активно разрабатываются технологии промывки нефтегазовых скважин при бурении с использованием аэрированных газожидкостных растворов в виде пен [1]. Применение пен позволяет избежать ряда осложнений, которые имеют место при использовании традиционных буровых растворов. В свою очередь, эффективность технологического процесса промывки зависит от результативности техники и методов генерации пены и пеноподавления. Важной проблемой при разработке таких технологий является поиск способов управления процессами генерирования и подавления пен в скважинах. В частности, в качестве инструмента управления могут быть использованы технологии вдува/отсоса жидкости или изменение геометрии на соответствующих участках канала. Для определения рациональных методов воздействия на параметры двухфазного газожидкостного потока необходимо выполнить исследования процессов гидродинамики потока с учетом влияния данных факторов. В первом приближении данная проблема может быть рассмотрена на основе моделирования одномерных газожидкостных течений [Г. Уоллис, 1972].

Анализ современных работ по теме исследования.

Исследование процессов гидродинамики двухфазного газожидкостного потока представляет собой достаточно сложную задачу. В общем случае необходимо рассматривать гиперболическую систему дифференциальных уравнений переноса в частных производных и применять численные методы. В частности, в работе [2] выполнено моделирование динамики двухфазной среды, на основе методологии многоскоростных взаимопроникающих континуумов, при этом каждая фаза описывается набором уравнений, выражающих законы сохранения массы, импульса и энергии и др. Несмотря на высокую степень детализации процессов гидродинамики, данный подход является достаточно затратным с точки зрения вычислительных ресурсов, что не всегда оправдано для качественной оценки возникающих эффектов. Большинство методик используемых на практике для расчета параметров пеногенерирующих и

пенноподавляющих устройств и технологий основываются на эмпирических подходах [1, 3, 4]. Предложенные методики позволяют с достаточной для инженерной практики точностью проводить расчеты конструктивных параметров указанных устройств. Исследование гидродинамических процессов проводят также на основе математических моделей одномерных двухфазных потоков [Г. Уоллис, 1972]. Например, в работе [4] предложена математическая модель и выполнены расчеты геометрических характеристик жидкостно-газового эжектора.

Вместе с тем, вопросы управления параметрами аэрированного потока, в частности потока пены, в настоящее время изучены недостаточно. В монографии [6] рассмотрены основные химические и физико-механические методы воздействия на пенные структуры. Отмечается, что вследствие ряда отрицательных технологических и экологических последствий применения существующих химических методов сепарации пены, все большее значение приобретают методы механического пеногашения. К последним можно отнести и различные методы воздействия на гидродинамику потока [7]. В частности, одними из способов влияния на поток является изменение газосодержания в потоке и управление трением газожидкостной смеси на стенке в пеногенерирующих устройствах. Данные воздействия можно осуществить путем вдува/отсоса жидкости в канал или изменением диаметра сечения канала. Таким образом, представляет интерес исследование влияния данных эффектов на гидродинамику двухфазного потока аэрированной жидкости.

Методика исследования.

Будем рассматривать поток пены как равновесный изотермический поток газожидкостной смеси в предположении, что скорости пузырей газа и жидкости равны. Предполагаем, что поток движется по цилиндрическому каналу с перфорированной стенкой, через которую имеется возможность осуществления вдува или отсоса жидкости в канал, что позволяет влиять на газосодержание и, соответственно, на касательные напряжения в двухфазном потоке. Еще одним фактором, который определяет гидродинамику течения, является диаметр канала. Изменение диаметра, а соответственно и площади поперечного сечения, будет также влиять на потери давления обусловленные трением. Таким образом, целью настоящей работы, является оценка изменения параметров двухфазного потока аэрированной жидкости при использовании в качестве управления параметров вдува/отсоса жидкости через перфорированную стенку и изменение геометрии канала.

Уравнение одномерного стационарного течения гомогенного двухфазного потока имеет вид [Г. Уоллис, 1972]

$$\frac{dp}{dx} = -\frac{P}{S} \tau_w - \frac{G}{S} \frac{du}{dx} - \rho g \cos \theta, \quad (1)$$

где p – давление, P – периметр канала; A – площадь сечения канала; τ_w – среднее касательное напряжение на стенке; $G = G_g + G_l$ – массовый расход

газожидкостного потока; G_g – массовый расход газа; G_l – массовый расход жидкости; u – скорость потока; ρ – плотность потока, g – ускорение свободного падения, θ – угол наклона оси канала относительно вертикали.

Скорость двухфазного потока определяется соотношением

$$u = \frac{Q_g + Q_l}{A}, \quad (2)$$

где Q_g, Q_l – объемный расход газа и жидкости соответственно.

Плотность смеси

$$\rho = \alpha \rho_g + (1 - \alpha) \rho_l, \quad (3)$$

где ρ_g, ρ_l – плотности газа и жидкости, α – истинное объемное газо-содержание, которое определяется соотношением

$$\alpha = \frac{Q_g}{Q_g + Q_l}. \quad (4)$$

Слагаемые в правой части (1) представляют собой составляющие градиента давления, отражающие потери давления за счет трения, ускорения и действия гравитационных сил. Среднее касательное напряжение определяется выражением

$$\tau_w = C_f \frac{1}{2} \rho u^2, \quad (5)$$

где C_f – коэффициент трения.

Предполагаем несущественность гравитационных сил и ограничимся анализом влияния только первого слагаемого в правой части (1). Следовательно, с учетом (4) при пренебрежении гидростатикой, потери давления для круглой трубы вследствие трения запишутся

$$-\frac{dp}{dx} = 2C_f \rho \frac{u^2}{D} = 2C_f \frac{Gu}{D}, \quad (6)$$

где D – диаметр канала.

Существенным параметром, определяющим потери давления в двухфазном потоке, является отношение градиента давления, обусловленного трением, двухфазного потока к такому же градиенту давления для соответствующего однофазного потока жидкости. Указанный параметр определяется на основе методики Локкарта – Мартинелли, подробный анализ которой приведен в

работе [8]

$$\Phi^2 = \frac{\left(-\frac{dp}{dx}\right)}{\left(-\frac{dp}{dx}\right)_{l_0}} \sim \frac{2C_f \rho \frac{u^2}{D}}{2C_{f0} \rho_l \frac{u_l^2}{D}}. \quad (7)$$

Коэффициент трения при турбулентном течении газожидкостной смеси является функцией числа Рейнольдса и шероховатости трубы. Для гладких труб данный коэффициент может быть выражен формулой Блазиуса

$$C_f = 0.079 \text{Re}^{-0.25}, \quad (8)$$

где число Рейнольдса определяется выражением $Re = GD/\mu_l$. Для расчета числа Рейнольдса используется эквивалентный коэффициент динамической вязкости, который может быть определен с помощью формулы МакАдамса [Г. Уоллис, 1972]

$$\frac{\mu}{\mu_f} = \left[\chi \frac{\mu_f}{\mu_g} + (1 - \beta) \right]^{-1}. \quad (9)$$

С использованием (2) – (9) в работах [Г. Уоллис, 1972], [8] получено выражение для расчета Φ^2

$$\Phi^2 = \left[1 + \beta \left(\frac{\rho_l}{\rho_g} - 1 \right) \right] \left[1 + \beta \left(\frac{\mu_l}{\mu_g} - 1 \right) \right]^{-1/4}. \quad (10)$$

Для случая разделенных потоков с учетом истинного объемного газосодержания в работах [Г. Уоллис, 1972], [9] Φ^2 определяется согласно

$$\Phi^2 = \frac{-(dp/dx)}{-(dp/dx)_{l_0}} = \frac{1}{(1 - \alpha)^n}, \quad (11)$$

где параметр $n = 2 \div 3,5$ в зависимости от режима течения. Зависимости (2) – (6), (11) используются в настоящей работе для параметрических исследований влияния эффектов вдува/отсоса и изменения диаметра канала на параметры движения аэрированной жидкости.

Результаты исследования и их обсуждение.

Для оценки эффективности управления параметрами потока аэрированной жидкости с помощью указанных выше воздействий были выполнены

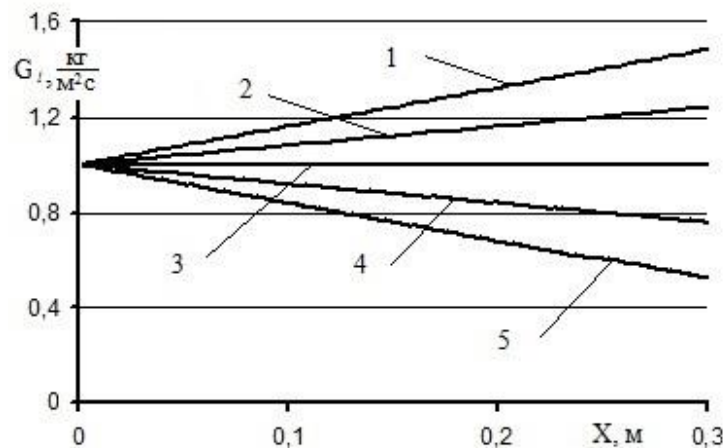
исследования на основе приведенных соотношений, при этом принималось, согласно [2, 10], что для газожидкостного потока $n=2$. Учитывая, что плотность газа в пузырьках

$$\rho_g = \frac{p + \sigma/r_p}{RT}, \quad (12)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения; r_p – радиус пузырька; при пренебрежении капиллярной составляющей в (12) несложно получить следующее уравнение, определяющее газосодержание в зависимости от изменения расхода жидкости и изменения геометрии канала

$$\frac{d\alpha}{dx} = -\frac{G_l}{G_g} \frac{(dp/dx)_{l0}}{\rho_l RT} \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} - \alpha(1-\alpha) \frac{dG_l}{G_l dx}. \quad (13)$$

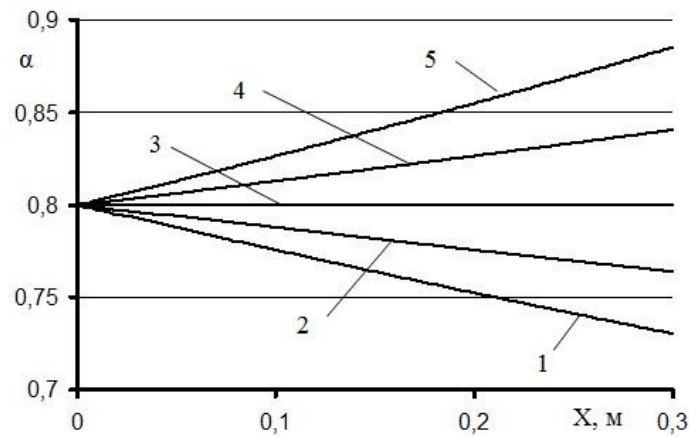
При получении этого уравнения также полагалось, что поток однороден, скорости пузырей равны скорости жидкости, процесс квазиравновесен и изотермичен. В самих расчетах также принималось, что расход жидкости изменяется по линейной зависимости, т.е. $dG_l/dx = K_l$, где параметр K_l изменялся в диапазоне от – от -1,6 до 1,6 кг/м³·с, диаметр канала – $D=0,06$ м; значения $G_{l0} = 1$ кг/м²·с; $G_g = 0,005$ кг/м³·с. На рис.1 – рис.3 представлены результаты исследования изменения параметров потока вдоль канала при использовании вдува/отсоса жидкости через перфорированную стенку. Изменение расхода жидкости вдоль канала при изменении объема подаваемой или отсасываемой жидкости в канале представлено на рис. 1, а соответствующее изменение объемного газосодержания в потоке представлено на рис. 2. Данные на рис. 3 показывают, что использование вдува или отсоса позволяет влиять на трение вдоль стенки канала, однако, данные изменения не являются значительными. В рассмотренном примере изменение касательных напряжений происходит в пределах 4 – 10 %.



1 - $K_l = 1.6$ кг/м³·с; 2 - $K_l = 0.8$ кг/м³·с; 3 - $K_l = 0.0$ кг/м³·с;

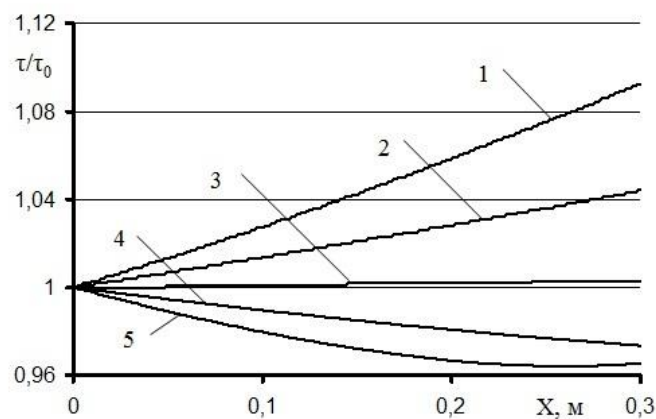
4 - $K_l = -0.8$ кг/м³·с; 5 - $K_l = -1.6$ кг/м³·с

Рисунок 1 – Изменение задаваемого расхода жидкости в канале



1 - $K_l = 1.6 \text{ кг/м}^3\text{с}$; 2 - $K_l = 0.8 \text{ кг/м}^3\text{с}$; 3 - $K_l = 0.0 \text{ кг/м}^3\text{с}$;
4 - $K_l = -0.8 \text{ кг/м}^3\text{с}$; 5 - $K_l = -1.6 \text{ кг/м}^3\text{с}$

Рисунок 2 – Изменение объемного газосодержания в канале



1 - $K_l = 1.6 \text{ кг/м}^3\text{с}$; 2 - $K_l = 0.8 \text{ кг/м}^3\text{с}$; 3 - $K_l = 0.0 \text{ кг/м}^3\text{с}$;
4 - $K_l = -0.8 \text{ кг/м}^3\text{с}$; 5 - $K_l = -1.6 \text{ кг/м}^3\text{с}$

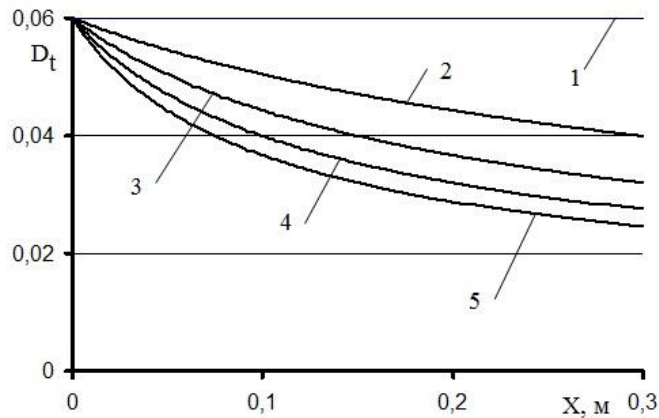
Рисунок 3 – Изменение относительного касательного напряжения в канале

Результаты исследования влияния геометрии канала на параметры газожидкостного потока представлено на рис. 4 – рис. 6. Изменение диаметра канала принималось в соответствии с формулой

$$D_t = \frac{D_o}{\left(1 + K_D \frac{x}{D_o}\right)^{0,5}}$$

На рис.4 представлены зависимости, характеризующие изменение диаметра

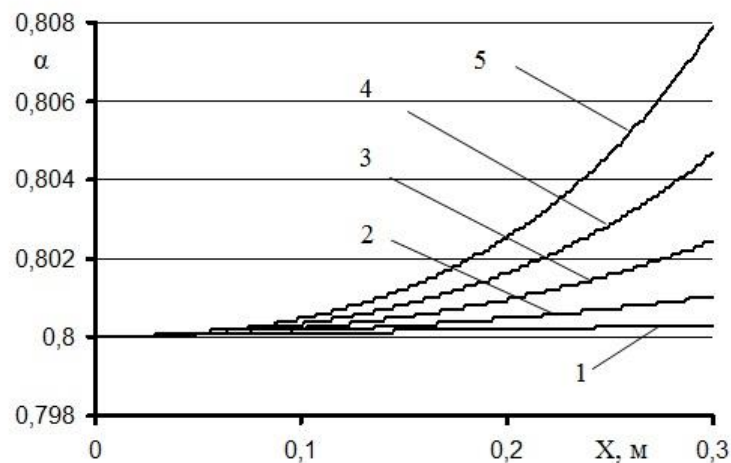
канала вдоль оси движения потока для различных значений коэффициента K_D .



1 - $K_D = 0,0$; 2 - $K_D = 0,25$; 3 - $K_D = 0,50$; 4 - $K_D = 0,75$; 5 - $K_D = 1,0$

Рисунок 4 – Изменение задаваемого диаметра вдоль оси канала

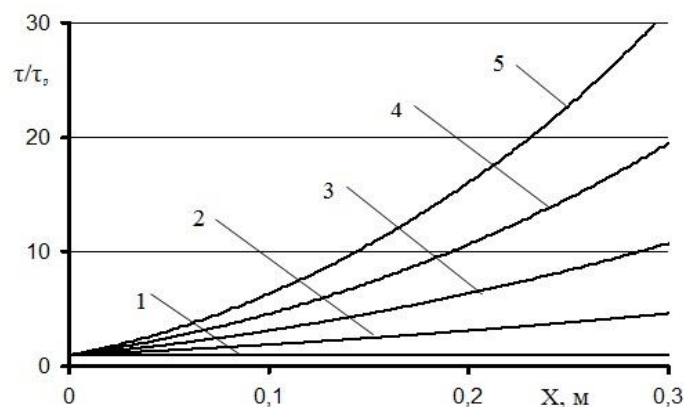
Соответствующее изменение газосодержания представлено на рис. 5.



1 - $K_D = 0,0$; 2 - $K_D = 0,25$; 3 - $K_D = 0,50$; 4 - $K_D = 0,75$; 5 - $K_D = 1,0$

Рисунок 5 – Изменение объемного газосодержания в канале

На основе проведенных расчетов получено, что уменьшение диаметра канала не приводит к значительному повышению газосодержания. Изменение относительных касательных напряжений в канале при изменении диаметра канала вдоль оси представлено на рис. 6. Полученные результаты показывают, что уменьшение диаметра канала позволяет эффективно воздействовать на величину касательного напряжения.



1 - $K_D = 0,0$; 2 - $K_D = 0,25$; 3 - $K_D = 0,50$; 4 - $K_D = 0,75$; 5 - $K_D = 1,0$

Рисунок 6 – Изменение относительного касательного напряжения в канале

Выводы

Представленные результаты позволяют сделать следующие качественные оценки влияния вдува/отсоса жидкости и изменения геометрии канала на параметры газожидкостного потока:

- вдув жидкости незначительно повышает трение, однако при этом снижается объемное газосодержание, что является неблагоприятным фактором для разрушения пены, поскольку понижается вероятность слияния пузырей;

- отсос жидкости незначительно снижает трение, однако, при этом можно повысить газосодержание. Таким образом, представляется возможным управление процессами пеноподавления, однако требуется значительное уменьшение расхода жидкости;

- изменение диаметра канала является наиболее эффективным методом управления трением, но оказывает слабое влияние на газосодержание в потоке.

Таким образом, на основе результатов выполненных исследований, следует признать целесообразность комбинированного использования отсоса жидкости с одновременным уменьшением диаметра канала для управления параметрами потока аэрированной жидкости. Показанный приближенный метод не ограничивается рассмотренными вариантами, он может быть расширен на более сложные случаи и включен в общую схему приближенных расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особливості механізму піноутворення в піногенеруючих пристроях ежекторного типу / М.М. Лях, В.М. Савик, Н.В. Федоляк [та ін.] // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2013. – № 1(34). – С. 98–104.
2. Иванов, И.Э. Численный алгоритм моделирования двухфазных течений, содержащих границы раздела фаз / И.Э. Иванов, И.А. Крюков // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. – 2012. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chemphys.edu.ru/article/365/> – Загл. с экрана.
3. Дослідження процесу піноутворення в піногенеруючих пристроях ежекторного типу / В.М. Савик, М.М. Лях, В.М. Вакалюк, Н.В. Федоляк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2012. – № 4 (45). – С. 110 – 117.
4. Савик, В.М. Дослідження геометричних параметрів багатосоплових піногенеруючих пристроїв / В.М. Савик // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2014. – № 3(52). – С. 49 – 55.
5. Козлов, Д.А. Математическая модель жидкостно-газового эжектора с прямолинейной камерой смешения / Д.А. Козлов, А.В. Павлов, В.М. Ящук // Известия Волгоградского государственного

технического университета. – 2010. – №. 3(1). – С. 8 – 11.

6. Ветошкин, А. Физические основы и техника процессов сепарации пены / А. Ветошкин – М.: Инфра-инженерия, 2016. – 404 с.

7. Ветошкин, А.Г. Гидромеханическая сепарация газожидкостных систем в нефтегазодобыче и нефтегазопереработке / А.Г. Ветошкин, Ю.П. Сенина // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество», 2011 г. – Пенза, – Т.1. – С. 359–363.

8. Muzychka, Y.S. Asymptotic Generalizations of the Lockhart–Martinelli Method for Two Phase Flows / Y.S. Muzychka, M.M. Awad // Journal of Fluids Engineering. – 2010. – Т. 132. – № . 3. – Р. 301-302.

9. Башаров, М.М. Определение касательного напряжения на стенке в газожидкостных средах / М.М. Башаров, А.Х. Зиятдинова // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2012. – №. 3. – С. 47 – 50.

REFERENCES

1. Lyakh, M.M., Savik, V.M., Fedolyak, N.V., Vakalyuk, V.M. and Solonichniy, Ya.V. (2013), “Features of the mechanism Protosenya progenerate devices ejecting type”, *Naukoviy Visnyk SFNTUNG*, no. 1(34), pp. 98-104.

2. Ivanov, I.E. and Kryukov, I.A. (2012), “A numerical algorithm for modeling two-phase flow containing the phase boundary”, *Fiziko-khimicheskaya kinetika v gazovoy dinamike*, available at: <http://chemphys.edu.ru/article/365>.

3. Savik, V.M., Lyakh, M.M., Vakalyuk, V.M. and Fedolyak, N.V. (2012), “Study of the foaming process in progenerate devices ejecting type”, *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i gazovykh rodovishch*, no. 4 (45), pp. 110 – 117.

4. Savik, V.M. (2014), “The study of the geometric parameters of bagachanova progenerate devices”, *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i gazovykh rodovishch*, no. 3 (52), pp. 49 – 55

5. Kozlov, D.A., Pavlov, A.V. and Yashchuk, V.M. (2010), “Mathematical model of liquid-gas ejector with a straight mixing chamber”, *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, no. 3(1), pp.8 – 11.

6. Vetoshkin, A. (2016), *Fizicheskie osnovy i tekhnika processov separacii peny* [The physical basis and technique of separation processes foam], *Infra-inzheneriya*, Moscow, Russia.

7. Vetoshkin, A.G. and Senina, Yu.P.(2011), “Hydromechanical separation of gas-liquid systems in oil and gas production and oil and gas processing”, *Trudy Mzhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost i kachestvo»* [Proceedings of the International Symposium "Safety and quality"], vol. 1, pp. 359–363.

8. Muzychka, Y.S. and Awad, M.M. (2010), “Asymptotic Generalizations of the Lockhart–Martinelli Method for Two Phase Flows”, *Journal of Fluids Engineering*, vol. 132. – no. 3. – pp. 301-302.

9. Basharov, M.M. and Ziyatdinova, A.H. (2012), “Definition of shear stress on the wall in gas-liquid environments”, *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo ehnergeticheskogo universiteta*, no. 3, pp. 47 – 50.

Об авторах

Булат Анатолий Федорович, академик Национальной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, директор института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, igtmanu@yandex.ru.

Блюсс Борис Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом геодинимических систем и вибрационных технологий, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, bblyuss@mail.ru.

Шевченко Владимир Георгиевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ученый секретарь института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, V.Shevchenko@nas.gov.ua.

Елисеев Владимир Иванович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник отдела проблем шахтных энергетических комплексов, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, helgasobaka@mail.ru.

Лях Михаил Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры нефтегазового оборудования, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, Украина, po@nung.edu.ua.

Дреус Андрей Юльевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры аэрогидромеханики

и энергомассопереноса, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепр, Украина, dreus.a@dnu.dp.ua

About the authors

Bulat Anatoly Fedorovich, Academician of the National Academy of Science of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Director of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, igtmnanu@yandex.ru.

Blyuss Boris Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Head of Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, bblyuss@mail.ru.

Shevchenko Vladimir Georgievich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Senior Researcher, scientific secretary of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, V.Shevchenko@nas.gov.ua.

Eliseev Vladimir Ivanovich, Candidate of Physics and Mathematics (Ph.D) Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Mine Energy Complexes, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NASU), Dnepr, Ukraine, helgasobaka@mail.ru.

Lyakh Mikhail Mikhaylovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Professor of the Department of Oil and Gas Equipment, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine, no@nung.edu.ua.

Dreus Andrey Yuliyevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor, Associate Professor of Department of Fluid Mechanics and Energy and Mass Transfer of the Oles Honchar Dnipropetrovsk National University (DNU), Dnepr, Ukraine, e-mail: dreus.a@dnu.dp.ua

Анотація. Питання, що розглянуті в статті, пов'язані з проблемою використання пін в якості промивальних рідин при бурінні нафтогазових свердловин. Метою статті є оцінка можливості керування параметрами газорідного потоку в процесах піноутворення і піноподавлення за допомогою механічних впливів. Розглянуто два можливих методи управління параметрами двофазного потоку: вдув/відсмоктування газу і зміна геометрії каналу. В якості інструменту дослідження використано математичне моделювання. На основі теорії одновимірних двофазних течій запропонована методика розрахунку та досліджено вплив вдуву/відсмоктування газу вздовж каналу на істинний газовий вміст у потоці і тертя на стінці. Також розглянуто вплив зміни діаметру каналу на зазначені параметри. Результати дослідження показали, що комбіноване використання даних впливів може бути ефективним інструментом управління структурою газорідного потоку. Отримані результати представляють інтерес для розробки технічних пристроїв піноутворення і піноподавлення в свердловинах.

Ключові слова: управління газорідним потоком, піна, математичне моделювання, газовий вміст, тертя

Abstract. The article deals with issues connected a problem of the use of foams as flushing fluids when drilling oil and gas wells. The purpose of this article is estimate of possibilities to control parameters of gas-liquid flow in the processes of foam generation and foam reduction by mechanical influences. We considered two possible methods of control parameters of two-phase flow: blowing/suction of gas and the variation of channel geometry. The mathematical modeling was used as a tool of investigation. Calculation procedure was proposed based on the theory of one-dimensional two-phase flows. Influence of the blowing/suction of the gas along the channel on the gas capacity and flow and friction at the wall were conducted. Influence of diameter channel vary on these parameters were conducted as well. The results of the study showed that the combined use of these effects can be an effective tool to control structure of gas-liquid flow. The obtained results are interesting to development of technical devices of foam generation and foam reduction in wells.

Keywords: control of gas-liquid flow, foam, mathematical modeling, gas capacity, friction

Статья поступила в редакцию 1.12.2016

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Е.В. Семененко