

UDC 534.1

THE ISSUE OF OPTIMAL DISTRIBUTION OF LIMITED GASES BETWEEN THE WELLS WORKING PARALEL WITH GAS-LIFT METHOD

A.N. QURBANOV¹⁺, I.Z. SARDAROVA¹

The task of optimal distribution of limited amount of gas between parallel working gas-lift wells, having different performance characteristics was set. Mathematical model of wells was obtained by means of numerical experiments and optimization problem was solved with the application of the method of Lagrange multipliers, thus was shown obtaining of maximum performance.

In order to solve the issue, a mathematical model of the productivity characteristics of wells $P(x_i)$ should be prepared. As mentioned, 3 different gas lift wells were selected for numerical experiment. To obtain the mathematical model of the productivity characteristics of wells, 50 experimental values were obtained using the passive experimental method, and the smallest squares method was used to find the coefficients of the mathematical model.

Key words: oil production, gas-lift, well, optimal distribution, productivity, experiment.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_01_50_53

Introduction. During using the gas lift method in oil production, wells are usually provided with gas in a groups (16 and more), as parallel, and their productivity characteristics are considered extremely (usually in the form of a parabola). In addition, the productivity characteristics of gas lift wells differ between each other, and the amount of supplied gas is limited.

Statement of issue. It should be noted that, due to the limited amount of gas providing to wells, it is not possible to load wells to the maximum measure, and in this case there appear a problem of optimal distribution of loads.

Solution methods. The issue of optimal distribution is considered under these conditions. Otherwise, loads should be equally distributed between the wells [1].

Figure-1 shows the technological structural scheme of parallel working gas lift wells.

Here: i - quantity of gas-lift wells; x – total amount of gas; $P(x_i)$ – productivity of i wells ;

$$P(x) = \sum_{i=1}^n P(x_i) \text{ total productivity .}$$

Considered that, the total amount of gas is limited:

$$x = \sum_{i=1}^n x_i \leq A \quad (1)$$

The issue of the optimal distribution of a limited amount of gas between parallel wells is being set as below:

¹ Azerbaijan State Oil and Industry University
+ Qurbanov Abdulaga, E-mail: qabdulaga@mail.ru

$$P(x) = \sum_{i=1}^n P(x_i) \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n x_i \leq A \\ P_{\min}(x_i) \leq P(x_i) \leq P_{\max}(x_i) \\ x_{i \min} \leq x_i \leq x_{i \max} \end{cases} \quad (2)$$

That means, the loads must be distributed in such way that,obtaining maximum productivity with limited raw materials [2, 3, 4].

Regarding a numerical experiment was carried out to solve the problem, in order to simplify, the problem of optimal distribution of loads between n=3 quantity different gas lift wells was considered. It should be noted that the issue can be resolved for, n=16,n=32 and more cases.

In order to solve the issue, a mathematical model of the productivity characteristics of wells $P(x_i)$ should be prepared. As mentioned, 3 different gas lift wells were selected for numerical experiment. To obtain the mathematical model of the productivity characteristics of wells, 50 experimental values were obtained using the passive experimental method, and the smallest squares method was used to find the coefficients of the mathematical model. Used Matlab Software's polyfit and polyval tools (functions) in order to find the experimental values of mathematical model, and the coefficients of the model were clarified. Based on the obtained coefficients, the mathematical model of each well is given in (3), (4) and (5), accordingly . Calculations show that the obtained mathematical models are characterize the object with the allowable accuracy.

$$P(x_1) = -48,281 + 1,124x_1 - 0,006x_1^2 \quad (3)$$

$$P(x_2) = -66,786 + 1,003x_2 - 0,004x_2^2 \quad (4)$$

$$P(x_3) = -128,459 + 1,602x_3 - 0,005x_3^2 \quad (5)$$

Based on the experimental values and the calculated mathematical models, the productivity characteristics of each well are shown in Figures 2, 3 and 4, respectively. The given characteristics describe a curve based on experimental values with a broken line, and a curve based on a mathematical model with a solid line.

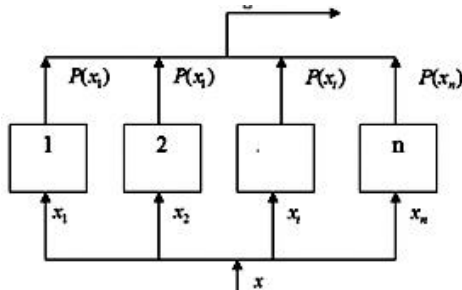


Fig.1 The technological structural scheme of parallel working gas lift wells.

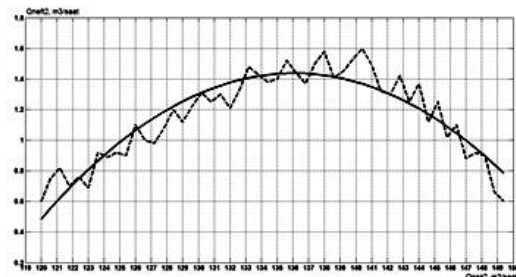


Fig.2 The productivity characteristic of the 1st well..

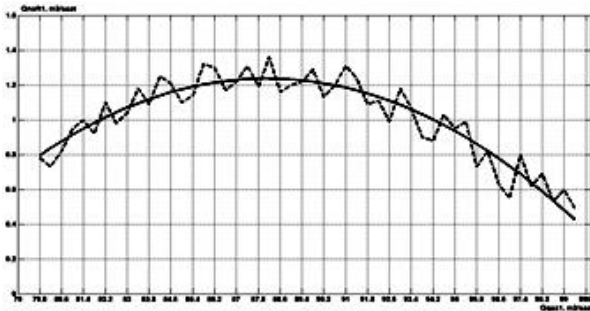


Fig.3. The productivity characteristic of the 2nd well.

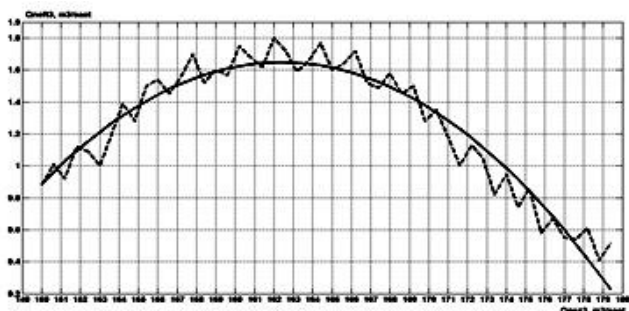


Fig.4. The productivity characteristic of the 3rd well.

The optimization issue (6) is set by using the obtained mathematical methods, and (2).

$$P(x) = P(x_1) + P(x_2) + P(x_3) = -41,281 + 1,124x_1 - 0,006x_1^2 - 66,786 + 1,003x_2 - 0,004x_2^2 - 128,459 + 1,602x_3 - 0,005x_3^2 \rightarrow \max$$

In order to solving the optimization issue, used Lagrange's the INDEFINITE

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 370 \\ 80 \leq x_1 \leq 100 \\ 120 \leq x_2 \leq 150 \\ 150 \leq x_3 \leq 180 \end{cases} \quad (6)$$

MULTIPLACTION Method [4]. For applying this method, firsly Lagrange function should be created with using (7) and (8)

$$L(x, \lambda) = P(x) + \sum_{i=1}^n \lambda_i g_i(x) \quad (7)$$

$$g(x) = x_1 + x_2 + x_3 - 370 = 0 \quad (8)$$

$$L(x) = -41,281 + 1,124x_1 - 0,006x_1^2 - 66,786 + 1,003x_2 - 0,004x_2^2 - 128,459 + 1,602x_3 - 0,005x_3^2 + \lambda(x_1 + x_2 + x_3 - 370) \quad (9)$$

Based on obtained Lagrange function's x_1, x_2, x_3 v λ variables, the special derivatives were found, equalled to zero and the system of equations (10) was obtained.

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial x_1} = 1,124 - 0,012x_1 + \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial x_2} = 1,003 - 0,008x_2 + \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial x_3} = 1,602 - 0,01x_3 + \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = x_1 + x_2 + x_3 - 370 = 0 \end{cases} \quad (10)$$

"The Kramer rule" was used to solve the system of equations and the optimal values (11), (12) and (13) were obtained.

$$x_1 = 91,196 \text{ m}^3 / \text{saat} \quad (11)$$

$$x_2 = 121,628 \text{ m}^3 / \text{saat} \quad (12)$$

$$x_3 = 157,203 \text{ m}^3 / \text{saat} \quad (13)$$

$$\lambda = -0,03$$

The maximum debit rate was calculated using the obtained optimal values and mathematical models (14).

$$P(x_{\max}) = P(x_1) + P(x_2) + P(x_3) = 1,185 + 0,668 + 1,515 = 3,368 \text{ m}^3 / \text{saat} \quad (14)$$

Under the conditions of restriction, The total productivity of solution of the problem of optimal distribution of loads, has a higher total productivity than any distribution .

Conclusion. From the research, we can conclude that, in case of restrictions to parallel working gas-lift wells with different productivity characteristics and the total amount of the distributed gas, we can gain the maximum productivity for the solution of the optimal load distribution issue.

REFERENCES

1. **Aliev T.M., Melik-Shahnazarov A.M., Ter-Hachaturov A.A.** Izmeritelnye informacionnye sistemy v neftjanoy promyshlennosti. - M.: Nedra, 1981.
2. **Abdullayev F.M.** Proseslərin idarə olunması. Dərs vəsaiti. Təhsil və Mədəniyyət üzrə Avropa Komissiyası. Çoxtərəfli MP-JEP-23264-2002. Tempus layihəsi. Azərbaycan ali məktəblərində müasir mühəndis təhsili. Bakı: ADNA-nın nəşri, 2006, 53-55 s.
3. **Qurbanov Ə.N.** Razrabotka matematicheskikh modelej osushki prirodnoy gaza pri podgotovke k transportu // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*. Bakı. Cild. № 2. 2014.
4. **Moiseev N.N., Ivanilov Y.P., Stolyarova E.M.** Metody optimizatsii. – M.: Nauka, 1978. - S.26 - 39.

QAZLIFT ÜSULU İLƏ PARALEL İŞLƏYƏN QUYULAR ARASINDA MƏHDUD MİQDARDA QAZLARIN OPTİMAL PAYLANMASI MƏSƏLƏSİ

A.N. QURBANOV, İ.Z. SƏRDAROVA

Müxtəlif məhsuldarlıq xarakteristikasına malik və paralel işləyən qazlift quyuları arasında məhdud miqdarda qazların optimal paylanması məsələsi qoyulmuşdur. Ədədi eksperiment vasitəsilə quyuların riyazi modelləri alınmış, Laqranjın qeyri-müəyyən vuruqlar metodu tətbiq edilməklə optimallaşdırma məsələsi həll edilmiş və beləliklə maksimum məhsuldarlıq alınması göstərilmişdir.

Məsələni həll etmək üçün quyuların məhsuldarlıq xarakteristikalarının $P(x_i)$ riyazi modeli qurulmalıdır. Qeyd ediləni kimi ədədi eksperiment kimi 3 ədəd bir-birindən fərqli qazlift quyusu seçilmişdir, quyuların məhsuldarlıq xarakteristikalarının riyazi modelini almaq üçün passiv təcrübə üsulundan istifadə edilərək 50 təcrübə qiyməti əldə edilmiş və riyazi modelin əmsallarının tapılması üçün ən kiçik kvadratlar metodundan istifadə edilmişdir.

Açar sözlər: neftçixarma, qazlift, quyu, optimal paylanma, məhsuldarlıq, eksperiment.

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗА В ОГРАНИЧЕННЫХ КОЛИЧЕСТВАХ МЕЖДУ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИМИ СКВАЖИНАМИ МЕТОДОМ ГАЗЛИФИКА

A.N. GURBANOV, I.Z. SARDAROVA

В работе поставлена задача оптимального распределения ограниченного количества газа между параллельно работающими газлифтными скважинами, имеющими различные характеристики производительности. Математическая модель скважин получена с помощью численного эксперимента, а задача оптимизации решена с применением метода множителей Лагранжа. Таким образом показано получение максимальной производительности.

Для решения поставленной задачи построена математическая модель $P(x_i)$ продуктивных характеристик скважин. В качестве численного эксперимента были выбраны 3 разные газлифтные скважины. Для получения математической модели продуктивных характеристик скважин с использованием пассивного экспериментального метода было получено 50 экспериментальных значений, а для определения коэффициентов математической модели использован метод наименьших квадратов.

Ключевые слова: добыча нефти, газлифт, скважина, оптимальное распределение, продуктивность, эксперимент.

Received 09.03.2020

Revised 15.03.2021

Accepted for publication 19.03.2021

UOT: 622.691.052

MULTİFAZALI BORU KƏMƏRLƏRİNDƏ DAYANIQSIZ HİDRAVLİK XARAKTERİSTİKALARIN DİAQNOSTİKASI

F.B. İSMAYİLOVA¹, E.X. İSKƏNDƏROV¹⁺

Multifazalı boru kəmərlərinin istismar təcrübəsi göstərir ki, nəql olunan sistemlərin strukturundan asılı olaraq, qeyri-taraz xüsusiyyətlər, təzyiq döyüntüləri və hidravlik xarakteristikalarda qeyri-stabil zonaların mövcud olması tez-tez baş verir. Odur ki, bu sistemlərin boru ilə axmasının modelləşdirilməsi və axının multifazallığı ilə bağlı qeyri-stabil vəziyyətin baş vermə şəraitinin aşkar edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Məqalədə faza çevrilmələri şəraitində qaz-maye sisteminin boru kəməri ilə axını üçün riyazi modelin qurulmasına cəhd edilmişdir. Qaz-maye axınının hidravlik xarakteristikalarını qiymətləndirmək məqsədilə kəmərin uzunluğu boyu təzyiqin dəyişməsindən asılı olaraq axının müxtəlif struktur formalarına baxılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, təzyiqlər fərqinin sərfdən asılılığını kub tənlik vasitəsilə ifadə etmək və stabil xarakteristikanın mövcud olduğu zonaları müəyyən etmək mümkündür.

Açar sözlər: boru kəməri, qaz-maye qarışığı, multifazalı axın, mikrorüşeyim, struktur, təzyiq, stabil xarakteristika, model.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_01_54_57

Giriş. Boru kəmərlərində multifazalı sistemlərin hərəkətinə həsr olunmuş tədqiqatların təhlili göstərir ki, burada əsasən doyma təzyiqindən aşağı qiymətlərdə baş verən proseslər nəzərdən keçirilmiş və hesab olunmuşdur ki, qaz qarışıqları doyma təzyiqindən böyük və ona yaxın qiymətlərdə homogen mühitlərə aiddir. Lakin çoxsaylı tədqiqatlarda [1-8] göstərilmişdir ki, bu sistemlərin keçidqabağı hallarında qazın mikrorüşeymlərinin yaranması hesabına bircins olmayan strukturlar yarana bilər və yaranan mikrorüşeymlərin qatılığı digər bərabər şərtlər daxilində təzyiqin qiymətinin və tempinin dəyişməsi ilə müəyyən olunur. Həm də müəyyən edilmişdir ki, tərkibində mayenin bütün həcmi boyu paylanmış qaz rüşeymləri olan sistemdə qeyri-taraz xüsusiyyətlər təzahür edir. Doyma təzyiqi və ondan yuxarı hədlərdə qaz rüşeymlərinin mövcudluğu ilə boru kəmərlərinin sərf xarakteristikalarında qeyri-xətti, bir sıra hallarda isə aydın şəkildə ifadə olunmuş qeyri-monoton sahələr müşahidə olunur. Belə hesab etmək mümkündür ki, qeyd olunan şərait hidravlik xarakteristikalarda, məsələn, multifazalı sistemlərin nəqli zamanı müxtəlif mürəkkəbləşmələrin yaranması və əlavə xərclərə səbəb olan təzyiq və sərfin öz-özünə qalxması kimi keyfiyyət dəyişmələrinə səbəb ola bilər. Belə halda bu sistemlərin boru ilə axmasının modelləşdirilməsi və multifazalı axınlarda qeyri-stabil vəziyyətin baş vermə şəraitinin aşkar edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

İşin məqsədi. Qeyd olunanları nəzərə alaraq, faza çevrilmələri şəraitində qazla doymuş sistemin boru ilə axını üçün riyazi modelin qurulmasına cəhd edilmişdir.

Fərz edək ki, d diametrlili, l uzunluqlu boruya həcmi qazlılığı β olan qazla doymuş maye daxil olur. Borunun başlanğıcında təzyiq mikrorüşeymlərin əmələgəlmə təzyiqindən ($P_{rə}$) xeyli çox, sonunda isə doyma təzyiqindən (P_d) xeyli kiçik qiymətlərə malikdir.

Faza çevrilmələri ilə müşayiət olunan qaz-maye axınının hidravlik xarakteristikalarını qiymətləndirmək məqsədi ilə boru kəmərinin uzunluğu boyu şərti olaraq üç hissə ayırmaq olar. $P > P_{rə}$

¹ Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

⁺ Iskandarov Elman, E-mail: e.iskenderov62@mail.ru

olan birinci hissədə ($0 < x < \ell_1$) axını homogen hesab etmək olar. Bu hissənin sonunda təzyiğin P_{r_2} qiymətinə düşdüyü zaman sistemdə qaz fazasının mikrorüşeymləri əmələ gəlməyə başlayır və təzyiğin sonrakı düşməsi ilə onların qatılığı intensiv olaraq artmağa başlayır. Boru kəmərinin bu hissəsi üçün ($\ell_1 < x < \ell_2$) sistemin özlülüyünün onun qatılığından asılılığı üçün A.Eynşteynin şərtlərinin ödənildiyini qəbul etmək mümkündür [9]:

$$\mu = \mu_0(1 + \gamma c)$$

Burada: μ_0 -mayenin özlülüğü; c - qaz rüşeymlərinin qatılığı; γ - sistemdə qaz rüşeymlərinin ölçü və formasından asılı olan əmsaldır.

Nəhayət, boru kəmərinin üçüncü hissəsi ($\ell_2 < x < \ell$) artıq ikifazlı axın zonası hesab edilə bilər. Qəbul olunmuş ümumi təsəvvürlərə görə ℓ_2 -dən başlayaraq (harada ki, $P = P_d$), qazın mayedən sərbəst şəkildə ayrılması baş verir və axının kəmərin sonuncu en kəsiyinə doğru hərəkəti zamanı şəraitdən asılı olaraq qaz-maye sisteminin müxtəlif struktur formaları mövcud ola bilər.

Nəzəri tədqiqat.

Yuxarıda qeyd olunanlara əsasən multifazlı boru kəmərinə hər üç hissə üzrə təzyiqli itkiləri nəzərə alınmaqla sürtünməyə sərf olunan yekun təzyiqli itkiləri aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\Delta P = \lambda \frac{\ell_1 W^2}{d 2\rho'} + \lambda(1 + \gamma c) \frac{\ell_2 - \ell_1 W^2}{d 2\rho'} + \lambda \frac{\ell_2 - \ell_1 W^2}{d 2\rho'} \left[1 + \psi \bar{x} \left[\frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right] \right] \quad (1)$$

Burada: ρ' , ρ'' - müvafiq olaraq mayenin və qazın sıxlığı;

W - axının kütlə sürəti;

ψ -axının ikifazlılıq əmsalı;

\bar{x} - orta kütlə qazlılığı;

λ - hidravlik müqavimət əmsalıdır.

Nəzərə alsaq ki, sistemdə təzyiğin azalması ilə entalpiyanın (h) qiyməti dəyişərək $\frac{dh}{dP} \frac{dP}{dt}$ olur, onda kütlə sürətinin (W) məlum qiymətində boru kəmərinin qaz qabarcıqlarının mövcud olmadığı ℓ_1 hissəsinin uzunluğunu aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar [10]:

$$\frac{\pi d^2}{4} \rho' \ell_1 \frac{dh}{dP} \frac{dP}{dt} = \frac{\pi d^2}{4} W(h_{r_2} - h_g) \quad (2)$$

Burada: h_{r_2} , h_g - uyğun olaraq P_{r_2} və boru kəmərinin sonundakı təzyiqlərində axının entalpiyasıdır.

Yuxarıda göstərilənlərə analogi olaraq, boru kəmərinin digər iki hissələri üçün aşağıdakı ifadələri yazmaq olar:

$$\frac{\pi d^2}{4} \rho' (\ell_2 - \ell_1) \frac{dh}{dP} \frac{dP}{dt} = \frac{\pi d^2}{4} W(h_d - h_{r_2}) \quad (3)$$

$$\frac{\pi d^2}{4} \rho' (1 - \beta) (\ell - \ell_2) \frac{dh}{dP} \frac{dP}{dt} = \frac{\pi d^2}{4} W(h_s - h_d) \quad (4)$$

Burada: h_d və h_s - uyğun olaraq, doyma və boru kəmərinin son təzyiqində sistemin entalpiyasıdır.

Hesab etsək ki [10], boru kəmərinin sonunda kütlə qazlılığını $(h_s - h_d)/r$ (burada: r -qaz ayrılmasının enerjisidir) kimi qəbul etmək olar, onda (4) ifadəsini nəzərə almaqla \bar{x} kütlə qazlılığının orta qiyməti üçün yazmaq olar:

$$\bar{x} = \frac{1}{2} x_s = \frac{\rho' (1 - \beta) (\ell - \ell_2) dh}{2Wr} \frac{dh}{dP} \frac{dP}{dt} \quad (5)$$

ℓ_1, ℓ_2 və \bar{x} kəmiyyətlərinin (2), (3) və (5) ifadələrdəki qiymətlərini (1) bərabərliyində yerinə yazsaq və kütlə sürətini mühitin Q həcmi sərfi ilə ifadə etsək, çevrilmələrdən sonra alarıq:

$$\Delta P = AQ^3 + BQ^2 + CQ \quad (6)$$

Burada:

$$A = \frac{16\lambda\rho'[(\rho'/\rho'') - 1]}{\pi^3 d^7} \frac{dh}{dP} \frac{dP}{dt} \left[\frac{2\gamma c (h_d - h_{r_2})}{((\rho'/\rho'') - 1)} + \frac{\psi(1 - \beta)}{r} (h_d - h_s)^2 \right]$$

$$B = \frac{8\lambda\ell\rho'}{\pi^2 d^5} \left[1 - \frac{\psi(1 - \beta)}{r} [(\rho'/\rho'') - 1](h_d - h_s) \right]$$

$$C = \frac{\lambda\psi(1 - \beta)\rho'[(\rho'/\rho'') - 1]\ell^2}{\pi d^3 r} \frac{dh}{dP} \frac{dP}{dt} \quad (7)$$

(6) ifadəsindən görüldüyü kimi, təzyiqlər fərqi (ΔP) sərfdən (Q) asılılığı üçüncü dərəcəli bərabərliklə ifadə olunur. Bu modelin analizi göstərir ki, əgər sərfin bütün dəyişmə diapazonunda (6) ifadəsinin həlli bir həqiqi və 2 kompleks kökün olması ilə nəticələnərsə, xarakteristika qeyri-stabil olacaqdır.

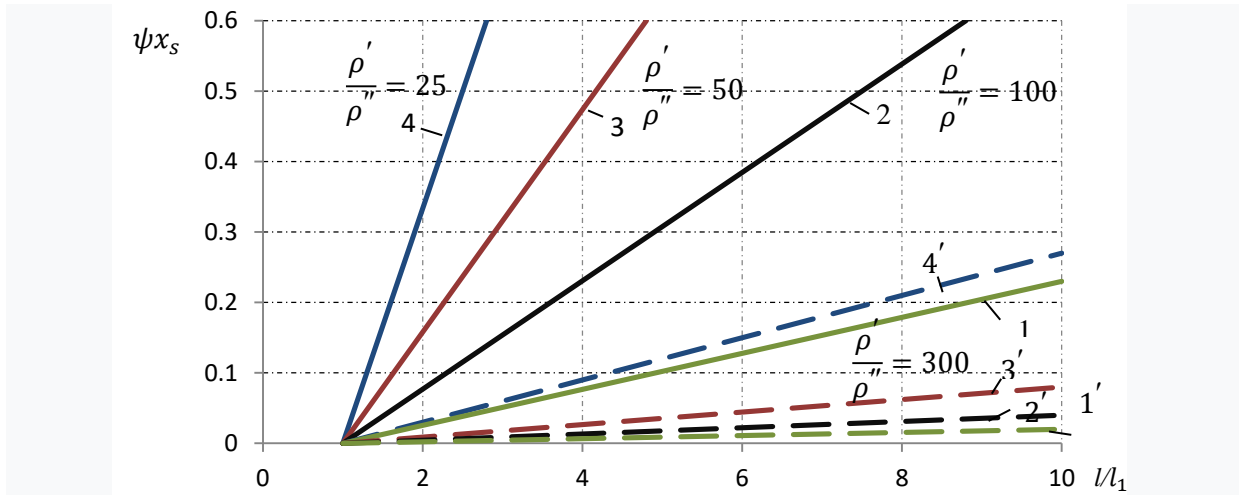
Məhz həmin modelə görə sürtülməyə sərf olunan təzyiq itkiləri sərfin üç müxtəlif qiymətlərində eyni qiymət ala bilər. Belə qeyri-stabil xarakteristika iki ekstremuma malik ola bilər. Bu zaman mühitin sərfinin onlara cavab verən qiymətləri aşağıdakı bərabərliklə təyin oluna bilər:

$$\frac{d\Delta P}{dQ} = 3AQ^2 + 2BQ + C = 0 \quad (8)$$

Aydın məsələdir ki, stabil xarakteristikanın mövcudluğu (8) bərabərliyinin həqiqi köklərinin olmaması ilə müəyyən oluna bilər. Bu isə $B^2 > 3AC$ halında mümkündür. (7) ifadəsindən A , B və C əmsallarını nəzərə almaqla, həm də $h_d \rightarrow h_{r\varnothing}$ (qəbul olunur ki, sistemdə faza çevrilmələri rüşeym əmələgəlmə anından başlayaraq baş verir, yəni boru kəmərinin ikinci və üçüncü hissələri birləşir) qəbul etməklə, xarakteristikanın stabilliyi aşağıdakı şərt daxilində mümkündür:

$$\frac{0.54 [(\ell_1/\ell_2)-1]}{(\rho'/\rho'')-1} < \psi x_s < \frac{7.46 [(\ell/\ell_1)-1]}{(\rho'/\rho'')-1} \quad (9)$$

Şəkilə (9) ifadəsinə əsasən ℓ_1/ℓ_2 və ρ'/ρ'' simplekslərinin müxtəlif qiymətlərində qaz-maye sistemlərinin sərf xarakteristikalarında axının stabil və qeyri-stabilliyini əks etdirən zonalər göstərilmişdir.



Şəkil. Axının stabil xarakteristikaları üçün sərhəd şərtləri (1, 2, 3 və 4 xətləri yuxarı hədləri, 1', 2', 3' və 4' xətləri isə aşağı hədləri göstərir)

Beləliklə, multifazalı sistemlərin, baxılan halda isə qaz-maye qarışığının boru kəməri ilə axmasının modelləşdirilməsi əsasında kəmərin hidravlik xarakteristikalarında qeyri-stabil zonaların yaranmasının diaqnostikası ilə nəql zamanı baş verən istismar mürəkkəbləşmələrinin qarşısını almaq mümkündür.

Nəticə. Multifazalı boru kəmərlərində dayanıqsız hidravlik xarakteristikanın diaqnostikası məqsədilə qaz-maye sistemlərinin axını üçün riyazi model qurulmuş və təhlil edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, təzyiqlər fərqi sərfdən asılılığını kub tənliklə ifadə etmək və stabil xarakteristikanın mövcud olduğu zonaları müəyyən etmək mümkündür.

Multifazalı axınlarda qeyri-stabilliyin yaranması qazlılığın həm böyük, həm də kifayət qədər kiçik qiymətlərində baş verə bildiyi üçün sərfin Q (ψx_s kompleksinin) tənzimlənməsi və kəmərin boyu təzyiqlərin dəyişməsinə görə ℓ/ℓ_1 nisbətini seçilməsi ilə hidravlik xarakteristikalarda qeyri-stabil zonaların yaranmasının qarşısını almaq mümkündür.

REFERENCES

1. **Mamedzade A.M., Mamedzade R.V., Melikov G.H., Salavatov T.Sh.** Ob effekte zarodysheobrazovaniya v geterogennyh sredah i primeneniye ego v neftedobyche. /Neftqazıxırma proseslərinin optimallaşdırılması. Elmi əsərlər toplusu. Bakı, 1987, s. 11-17.
 2. **Sattarov R.M., Farzane P.Y.** Issledovanie dvizheniya gazozhidkostnyh sistem s uchetom obrazovaniya mikrozarodyshej. Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. 1987, №5, s. 765-771.
 3. **Mirzadzhanzade A.H., Hasanov M.M., Bahtizin R.N.** Modelirovaniye processov neftegazodobychi (nelinejnost', neravnomernost', neopredelennost'). Moskva-İjevsk, 2004, 368 s.
 4. **Abbasov Z.Ya., Fataliev V.M.** Izuchenie fazovogo povedeniya gazokondensatnyh sistem pri davleniyah vyshe oblasti retrogradnoj kondensacii // AMEA Xəbərləri, Yer Elmləri, 2017, №1, s. 34-38.
 5. **Gamidov N.N., Fataliev V.M.** Mekhanizm obrazovaniya mikrozarodyshej kondensata i ih vliyanie na pokazateli razrabotki gazokondensatnogo mestorozhdeniya / XI Beynəlxalq NeftQaz Elmi-Praktiki Konfransının Materialları. Kislovodsk, 27-31 oktyabr, 2014, s. 38-40.
 6. **Ramazanova E.E., İbışov B.G.** Issledovanie fazovogo sostoyaniya gazokondensatno-neftnyh sistem s cel'yu modelirovaniya processov fazovyh perekhodov v plastovyh flyuidah. / Xəzərneftqazıyataq-2002 Beynəlxalq Elmi-Praktiki Konfransın Materialları. Bakı, 2002, s. 276-283.
 7. **İskəndərov E.X.** Dəniz yataqlarında multifazalı quyu məhsullarının yığılması və nəqlinin optimal texnologiyaları // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri*, cild 9 (3), Bakı, 2017, s. 92-100.
 8. **Hamidov N.N., Fataliyev V.M.** Eksperimental study into the effectiveness of the partial gas cycling process in the gas-condensate reservoir development // *Petroleum Science and Technology*, 2016. V. 34, iss.7, pp. 677-684.
 9. **Lutoshkin G.S.** Sbor i podgotovka nefci, gaza i vody. M.: Nedra, 1983, 224 s.
 10. **Lebedev I.K.** Gidrodinamika parovyh kotlov. M., 1987, 240 s.
-

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕУСТОЙЧИВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В МУЛЬТИФАЗНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Ф.Б. ИСМАЙЛОВА, Э.Х. ИСКЕНДЕРОВ

Опыт эксплуатации мультифазных трубопроводов показывает, что в зависимости от структур транспортируемых систем часто имеют место неравновесные особенности потока, наличие скачков давления и нестабильных зон в гидравлических характеристиках. Поэтому, чтобы смоделировать течение таких систем по трубопроводу, необходимо учитывать условия нестабильности в характеристиках, связанных с многофазностью потока.

В статье сделана попытка построить математическую модель течения газожидкостной системы по трубопроводу при наличии фазовых переходов. Для оценки гидравлических характеристик газожидкостного потока были рассмотрены различные структурные формы течения с учетом изменения давления по длине трубопровода. Обнаружено, что зависимость перепада давления от расхода может быть выражена кубическим уравнением и представляется возможным определение зон, в которых присутствует стабильная характеристика.

Ключевые слова: трубопровод, газожидкостная смесь, мультифазный поток, микрозародыш, структура, давление, стабильная характеристика, модель.

DIAGNOSIS OF UNSTABLE HYDRAULIC CHARACTERISTICS IN MULTIPHASE PIPELINES

F.B. ISMAYILOVA, E.Kh. ISKANDAROV

The experience of exploitation of multi-phase pipelines shows that, depending on the structure of the transported systems, unbalanced features, pressure pulsations and the presence of unstable zones in hydraulic characteristics often occurs. Therefore, it is important to model the flow of these systems through the pipe and to identify the conditions of instability associated with the multiphase flow.

The article shows the possibility to build a mathematical model for the flow of gas-liquid system through the pipeline in the conditions of phase transitions. In order to assess the hydraulic characteristics of the gas-liquid flow, different structural forms of flow were considered depending on the pressure change along the length of the pipeline. It has been found that the dependence of the pressure difference on the flow can be expressed by the cubic equation and the zones where the stable characteristic is present can be determined.

Key words: pipeline, gas-liquid mixture, multiphase flow, microstructure, pressure, stable characteristic, model.

Redaksiyaya daxil olub:	20.02.2020
Tamamlama işlərindən sonra:	11.03.2021
Nəşrə qəbul edilib:	18.03.2021