

Multifazalı neft-qaz qarışığının sulaşmasının quyunun fontan vurmasına təsirinin diaqnostikası

F.B. İsmaylova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Açar sözlər: multifazalı texnologiya, fontanvurma, fontan qaldırıcısı, məhsuldarlıq əmsali, axın rejimi, qaz amili.

DOI.10.37474/0365-8554/2022-05-26-30

e-mail: fidan.ismaylova.2014@mail.ru

Диагностирование влияния обводненности мультифазной нефтегазовой смеси на фонтанирование скважин

Ф.Б. Исмаилова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: мультифазная технология, фонтанирование, фонтанный подъемник, коэффициент продуктивности, режим течения, газовый фактор.

Исследовано влияние степени обводненности скважинной продукции на гидравлические характеристики мультифазного подъемника и разработан метод диагностики влияния увеличения процента обводненности на фонтанирование скважин. На основе мультифазных технологий была определена величина забойного давления, соответствующая окончанию периода фонтанирования, с учетом обводненности и режимов течения скважинной продукции. Установлено, что по изменению градиента давления по сечению мультифазного подъемника можно диагностировать условия фонтанирования.

The diagnostics of the effect of flooding of multi-phase oil-gas mixture on the blowout of wells

F.B. Ismaylova

Azerbaijan State University of Oil and Industry

Keywords: multi-phase technology, blowout, flow lift, productivity rate, flow regime, gas factor.

The paper deals with the study of the degree of flooding effect of well product in the hydraulic characteristics of the multi-phase lift and the development of the diagnostics method of the impact of flooding increase on the well blowout. On the basis of the multi-phase technologies, the bottomhole pressure corresponding to the end of blowout period considering the flooding and flow regimes of well product has been specified. It was defined that the diagnostics of the blowout conditions becomes possible due to the change of pressure gradient by the section of multi-phase lift.

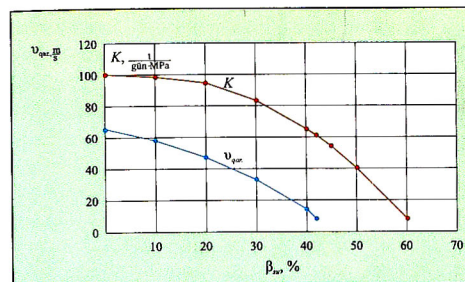
Neftqazıxarımadada bir çox məsələlər-neftin çıxarılma üsulunun təyini, quyuların istismar rejiminin qurulması və vacib olan avadanlıqların seçilməsi, dəniz şəraitində quyuların məhsullarının yığılması və nəqli multifazalı məhsulların qaldırıcı və dik borularda hərəkətilə bağlı olmaqla hidrodinamik hesablamalar tələb edir [1, 2]. Mədən təcrübəsində multifazalı qaldırıcıların hesablanması üçün nasos-kompresor boruları (NKB) boyunca təzyiğin paylanması ayrışının $p = f(H)$ qurulması zamanı analitik üsuldən istifadə olunur. Multifazalı qaldırıcının hidravlik hesablanmasında məqsəd onun diametri və uzunluğunun seçilməsi, eləcə də quyuların şəraitinə uyğun optimal iş rejiminin təyin edilməsidir. Quyularda iş rejiminin qazlift və fontan üsulu ilə istismarında seçilməsi prinsipləri müxtəlifdir [1, 2]. Belə ki, qazlift qaldırıcısının hesablanması zamanı əsas şərt qazın işçi agentin xüsusi sərfi və enerjinin minimal olmasından ibarətdirsə, fontan qaldırıcısının hesablanması zamanı isə NKB boyunca orta təzyiqlər fərqi minimum olması quyunun maksimal hasilatı üçün vacib şərtədir. Odur ki, quyunun fontanvurma ehtimalının diaqnostikası

üçün quyudibi təzyiğin minimal qiymətinin təyini məsələsi böyük əhəmiyyət kəsb edir.

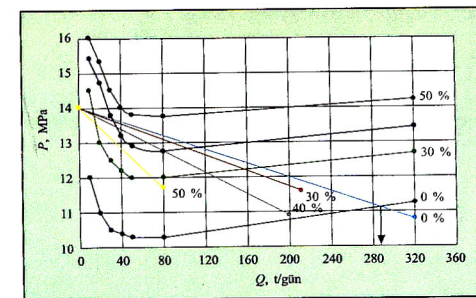
Mühüm məsələlərdən biri də məhsulun sulaşma dərəcəsinin multifazalı qaldırıcının işinə təsirinin araşdırılması və artan su faizi fonunda fontanvurmanın diaqnostikası ilə bağlıdır.

Məsələnin qoyuluşu. Qeyd olunanları nəzərə alaraq aşağıda multifazalı qarışığın sulaşması quyunun fontanvurmasına təsiri və bu zaman minimal quyudibi təzyiğin necə dəyişməsi məsələləri araşdırılmışdır. Multifazalı texnologiyalar əsasında fontanvurma şərtinin limit qiymətini təyin etmək üçün mədən məlumatlarından istifadə olunmuşdur: məhsuldar layın yatma dərinliyi – 1700 m; lay təzyiqi – 14 MPa; qazsızlaşdırılmış neftin sıxlığı – 860 kq/m³; lay neftinin sıxlığı – 760 kq/m³; suyun sıxlığı – 1180 kq/m³; doyma təzyiqi – 8.92 MPa; qaz amili – 47 m³/m³; qazın sıxlığı – 1.38 kq/m³; quyuağzında minimal təzyiq – 0.3 MPa; multifazalı qaldırıcı borunun diametri – 62 mm-dir.

Fərz edək ki, yataq lay təzyiqinin 14 MPa səviyyədə saxlanması ilə istismar olunur. Məhsuldarlıq əmsalının sulaşmadan asılılığı şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Məhsuldarlıq K və sürətin (v_{qaz}) sulaşma faizindən asılılığı



Şəkil 2. Fontanvurma şərtinin limit qiymətini təyini

$\beta_{su}, \%$	K t/qün · MPa	p_{qd} MPa	Q_{m3} t/gün	Δp MPa	\bar{p}_{qaz} kq/m ³	$Q_{p/s}$ m ³ /s	$Q_{q/s}$ m ³ /s	$Q_{q/s}$ m ³ /s	v_{qaz} m/s	(dp/dr) MPa/m
0	100	11.12	288	2.88	810	0.0041	0.1927	0.1968	65	340
20	95	11.65	220	2.35	884	0.0029	0.1363	0.1392	46	170
30	83	12.22	148	1.78	921	0.0019	0.0893	0.0912	30	72
40	65	12.82	77	1.18	956	0.0009	0.0423	0.0432	14	15
42*	60	13.25	45	0.75	964	0.0005	0.0235	0.024	8	5
50	36	-	-	-	995	-	-	-	-	*

* – Bu sulaşmadan sonra fontanvurma dayanır.

Məsələnin həlli üsulları. Multifazalı şaquli boru kəmərinin-qaldırıcının hidravlik hesablanmasını aparmaq üçün ilk növbədə hansı fəzadan (maye və ya qazın) aktiv dispersion mühit olması müəyyən edilməlidir [3–6]. Bu məqsədlə qaz tutumunun həcmi β -nin qiyməti məlum olmalıdır. Əgər $\beta > 0.7$ olarsa, onda boru kəməri monofazlı qaz kəməri kimi, $\beta < 0.5$ olarsa, maye (neft) kəməri kimi hesablanıla bilər. Qaz kəməri kimi hesablandıqda mühitin sıxılması və qazın özlülüyü nəzərə alınmalıdır. Hesablama kəmərin sonundan başlanğıcına doğru aparılacaqsa, bu zaman məlum son təzyiq p_s və qazın sərfinə görə (Q_q) başlanğıc təzyiq aşağıdakı ifadəyə əsasən təyin edilir [7]:

$$p_b = \sqrt{p_s^2 + (4200\lambda p_q Q_q^2 T_{or} L) / D^5}, \quad (1)$$

burada p_b, p_s – uyğun olaraq qaz kəmərinə başlanğıc və son təzyiq; D, L – kəmərin diametri və uzunluğu, km; Q_q – qazın normal şəraitdə sərfi, m³/saat; T_{or} – kəmər boyu qazın orta temperaturudur, K.

$p = f(H)$ asılılıqlarından istifadə edərək şəkildə diametri 62 mm olan qaldırıcı üçün və quyuağzı təzyiq 0.3 MPa olduqda neftin müxtəlif sulaşmaları zamanı xarakterik hidravlik əyriyə qurulmuşdur (şəkil 2). Bu şəkildə həmçinin $\beta_{su} = 0 \%$, $k = 100$ t/(gün · MPa) və $p_1 = 14$ MPa qiymətlərində indikator əyriyələri də

əks olunmuşdur. Qurulmuş qrafiklərə əsasən susuz $\beta_{su} = 0$ % halda indikator xəttinin qaldırıcının xarakterik əyrisilə kəsişmə nöqtəsi sulaşmayan quyunun fontanvurma rejimini təyin etməyə imkan verir: $p_{qd} = 11.2$ MPa və $Q = 288$ t/gün. Sonra qrafikdə məhsulun müxtəlif sulaşmaları $k = f(\beta_{su})$ (bax: şəkil 1) asılılığından istifadə olunaraq müxtəlif sulaşma hallarına görə indikator əyriyələri də qurulmuşdur. Beləliklə, müxtəlif sulaşmalarda fontan quyunun işinin rejim xarakteristikası təyin edilmiş və p_{qd} , Q_m və $\Delta p = p_1 - p_{qe}$ parametrlərinin qiymətləri cədvəldə verilmişdir.

Şəkil 2-dən görüldüyü kimi, 50 % sulaşma olduqda indikator xətti qaldırıcının xarakteristikası əyrisilə kəsişmir. Yəni bu sulaşma həddində quyunun fontan vurması mümkün deyil. Yalnız quyu $\beta_{su} = 40$ % sulaşma olduqda fontan vurur. Məlumdur ki, fontan quyusu üçün sulaşmanın limit qiyməti 40–50 % arasında yerləşir. İnterpolyasiya üsulu ilə müəyyən etmək olar ki, fontanvurma $\beta_{su} = 42$ % olduqda dayanır. Bu sulaşma həddində şəkil 1-dən görüldüyü kimi, məhsuldarlıq əmsali $k = 60$ t/(gün · MPa) təşkil edir.

İndi isə verilən şərtlər daxilində 42 % sulaşma halında fontanvurmanın minimal quyudibi təzyiqini təyin edək. İlk növbədə verilən texnoloji parametrlərə əsasən həllolma əmsali təyin edilir [2]:

$$\alpha = \frac{\Gamma \rho_{nd}}{10^3 (p_{doy} - 0.1) 10^6} = \frac{47 \cdot 860}{10^3 (8.92 - 0.1) 10^6} = 4.6 \text{ MPa.}$$

$p_{qd} > p_{doy}$ olduğu üçün effektiv qaz amili aşağıdakı ifadəyə əsasən təyin olunur [2]:

$$\Gamma_{ef} = \frac{\Gamma - 10^3 \frac{\alpha}{\rho_{nd}} p_{qa} \left(1 - \frac{\beta_{su}}{100}\right)}{2} = \frac{47 - 10^3 \frac{4.6 \cdot 10^{-6}}{860} 0.3 \cdot 10^6}{2} \left(1 - \frac{42}{100}\right) = 11 \text{ m}^3/\text{t.}$$

Quyuağzı təzyiqin doyma təzyiqinə bərabər olan nöqtəyə kimi məsafə, qaldırıcının uzunluğu, əgər axın zonasında sürtünmə nəzərə alınmazsa, aşağıdakı kimi təyin oluna bilər:

$$H = L \frac{p_{qd} - p_{qa}}{\rho_m g},$$

burada quyu dərinliyi $L = 1700$ m təşkil edir. Quyudibi təzyiq azaldıqca qaldırıcının uzunluğu çoxalır. Fontanvurmanın maksimal quyudibi təzyiqinə qaldırıcının maksimal uzunluğu uyğun gəlir və effektiv qaz amilinin quyudibi təzyiqdən asılı olmadığını nəzərə alsaq, fontanvurma şərtinə əsasən:

$$H_{max} = 0.5 \left[h + \sqrt{h^2 + 10.3 \Gamma_{ef} d^{0.5} h l_g \frac{p_{doy}}{p_{qa}}} \right],$$

burada $h = \frac{p_{doy} - p_{qa}}{\rho_m g}$ $\bar{\rho}_m$ – qaz-maye qaldırıcısının uzunluğu boyu mayenin orta sıxlığıdır.

Verilənlərə əsasən $\bar{\rho}_m$ və h -in qiymətləri aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\bar{\rho}_m = 830(1 - 0.42) + 1180 \cdot 0.42 = 894 \text{ kq/m}^3,$$

$$h = \frac{(8.92 - 0.3) 10^6}{894 \cdot 9.81} = 983 \text{ m.}$$

Hesablamalardan alınan qiymətləri H_{max} -in ifadəsində nəzərə alsaq, qaldırıcının maksimal uzunluğu üçün $H_{max} = 1242$ m alırıq.

Onda fontanvurmanın minimal quyudibi təzyiqini aşağıdakı ifadəyə əsasən hesablamaq olar:

$$p_{qd \min} = p_{doy} + (L - H_{max}) \bar{\rho}_m g 10^{-6} = 8.92 + (1700 - 1242) 879 \cdot 9.81 \cdot 10^{-6} = 12.88 \text{ MPa.}$$

Quyuyəməhsulü 42 % sulaşma həddinə çatdıqda quyudibi təzyiq 12.8 MPa-dək azaldıqda quyunun fontanvurması dayanacaqdır.

Maye-qaz qarışığının qaldırıcı boruda axın rejimini multifazlı texnologiyalar əsasında aşağıdakı iki hal üçün yoxlayaq.

1. Quyuyəməhsulü sulaşmayıb. Yəni verilən şərtlərə görə qaldırıcıda neftin homogen axını, disperqlənmiş hərəkət forması mövcuddur. Qaz tutumunun həcmi böyük olduğu üçün qaz fazası aparıcı-dispersion faza, neft isə dispers faza kimi qəbul edilir. Beləliklə, en kəskin boyu təzyiq qradientinin maksimal qiymətini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$\left(\frac{dp}{dr}\right)_m = 6.16 \bar{\rho}_{\text{qar}} v_{\text{qar}}^2 / d;$$

$$v_{\text{qar}} = \frac{4Q_{\text{qar}}}{\pi d^2},$$

burada $\bar{\rho}_{\text{qar}}$ – qarışığın orta sıxlığı, kq/m³; d – qaldırıcının diametri 0.062 m-dir;

$Q_{\text{qar}}, v_{\text{qar}}$ – uyğun olaraq qarışığın sərfi (m³/s) və sürəti (m/s)-dir. $\bar{\rho}_{\text{qar}}, Q_{\text{qar}}, v_{\text{qar}}$ və $(dp/dr)_m$ parametrlərinin müxtəlif sulaşma faizlərində neft-qaz qarışıqları üçün hesablanmış qiymətlər cədvəldə verilmişdir.

Multifazlı qarışığın sürətinin v_{qar} və qaldırıcının en kəskin boyu təzyiq qradientinin $(dp/dr)_m$ quyuyəməhsulü sulaşma faizindən asılı olaraq dəyişməsi uyğun olaraq şəkil 1 və 3-də göstərilmişdir.

Qaz-maye qaldırıcısının uzunluğu boyu homogen qarışığın sıxlığı ρ_m -dir. Baxılan halda $p = p_{doy}$ olduğu üçün neft-qaz və neft-qaz-su qarışığı homogen qarışıqlar hesab olunur.

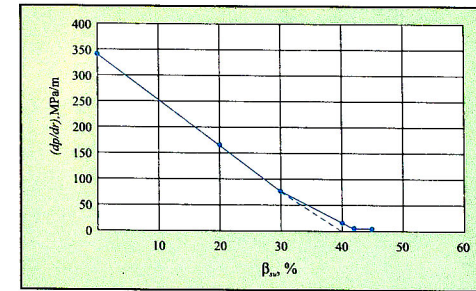
$\bar{\rho}_n$ – lay nefti (p_n) və qazsızlaşmış (p_{ny}) neftlərin orta sıxlığıdır. ρ_n və $\bar{\rho}_m$ sıxlıqları uyğun olaraq aşağıdakı ifadələrə əsasən təyin edilir:

$$\bar{\rho}_n = (\rho_n + \rho_{ny}) / 2,$$

$$\bar{\rho}_m = \bar{\rho}_n (1 - \beta_{su}) + \rho_{su} \beta,$$

burada β_{su} – neftin sulaşma payıdır.

Quyuyəməhsulü artıq sulaşır. Məhsulun müxtəlif sulaşma hallarına (20, 30, 40, 42 və 50 %) baxılmışdır. Sulaşma amilinin quyunun fontan vurmasına təsiri tədqiq olunub. Bu halda həmçinin sulaşmanın hansı faizində fontan vurmasının başa çatması və bu zaman hansı minimal quyudibi təzyiqdə baş verməsi araşdırılmışdır. Məsələnin şərtinə görə $p_{qd} > p_{doy}$ olduğunu nəzərə alaraq multifazlı sulaşmış qarışığı disperqlənmiş hərəkət rejiminin mövcudluğu yoxlanılmışdır. Bu məqsədlə qaldırıcının en kəskin boyu yaranan təzyiq qradientinin hesablanmış qiymətləri fazaların xüsusi çəkirlərinin fərqi ilə $(\bar{\rho}_m - \bar{\rho}_q)g$ tutulmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, bu zaman $\bar{\rho}_m$ – neft-su qarışığının orta sıxlığı kimi qəbul edilmişdir. Qazın sıxlığı isə minimal quyuağzı təzyiq və minimal quyudibi təzyiq nəzərə alınaraq hesablanmışdır.



Şəkil 3. Təzyiq qradientinin sulaşma faizindən asılılığı

Bu sıxlıqlar uyğun olaraq 4.2 və 15.1 kq/m³ təşkil etdiyini nəzərə alaraq hesablama üçün $\bar{\rho}_q = 15.1$ kq/m³ qəbul edilmişdir. Beləliklə,

$$g(\bar{\rho}_{\text{qar}} - \bar{\rho}_q) = 9.81(964 - 15.1) = 9310 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} = 0.01 \frac{\text{MPa}}{\text{m}}.$$

Göründüyü kimi, dp/dr təzyiq qradienti fazaların xüsusi çəkirlərinin fərqi ilə $(\bar{\rho}_m - \bar{\rho}_q)g$ tutulmuşdur. Sonuncu hesablamaların fonunda axının dispersqlənmiş formadan təbəqələşmiş (ayrı-ayrı fazalar şəklində) hərəkət rejiminə keçidə uyğun gələn böhran sürətinin qiymətini də hesablamaq olar.

$$v_{\text{boh}} = \sqrt{\frac{dp}{dr} d} = \sqrt{\frac{10^5 \cdot 0.062}{6.16 \cdot 946}} = 1.03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Göründüyü kimi, qaz tutumu $\beta = 0.997$ olan qaz-maye qarışığı üçün bu kiçik sürət olduğundan fontanvurma dövründə qeyd olunan rejimin reallaşması mümkün deyil.

Mühüm nəticələrdən biri kimi, şəkil 3-dən də göründüyü kimi, qaldırıcının en kəsiyi boyu təzyiq qradientinin məhsulun sulaşma faizindən asılı olaraq dəyişməsinə əsasən quyunun fontan dövrünün hansı sulaşmada başa çatmasının diaqnostikasının mümkün olmasını qeyd etmək lazımdır. Belə ki, şəkil 3-dən göründüyü kimi, məhsulun təqribən 40–41 % sulaşması hansı ki, (dp/dr) parametrinin minimal qiymətinə uyğun gəlir, bu fontanvurmanın başa çatmasına dolayısı olsa da bir işarədir.

Nəticə

Multifazalı texnologiyalar əsasında quyu məhsulunun sulaşmasının fontanvurmaya təsiri tədqiq olunmuşdur. Sulaşmanın hansı faizində fontanvurmanın başa çatması və bunun quyudibi təzyiqinin hansı qiymətində baş verməsinin təyini məqsədilə diaqnostik üsul işlənmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Крылов А.П., Глоговский М.М., Мирчинк М.Ф. и др. Научные основы разработки нефтяных месторождений. – Москва-Ижевск: ИКН, 2004, 416 с.
2. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. – М.: Изд-во "Нефть и газ", 2003, 816 с.
3. Гриченко А.И., Кляпчук О.В. Гидродинамика газожидкостных смесей в скважинах и трубопроводах. – М.: Недра, 1994, 238.
4. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Т.1. – М.: Наука, 1987, 464 с.
5. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974, 711 с.
6. İsmayilov Q.Q., İsmayilova F.B., İskəndərov E.X. Neftqazıxarmada multifazalı texnologiyalar. – Bakı: Elm, 2018, 248 s.
7. Ситенков В.Т. Теория градиентно-скоростного поля. – М.: ОАО ВНИИОЭНГ, 2004, 308 с.

References

1. Krylova A.P., Glogovskiy M.M., Mirchink M.F. i dr. Nauchnye osnovy razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy. – Moskva-Izhevsk: IKN, 2004, 416 s.
2. Mishchenko I.T. Skvazhinnaya dobycha nefti. – M.: Izd-vo "Neft i qaz", 2003, 816 s.
3. Grichenko A.I., Klapchuk O.V. Hidro dinamika gazozhidkostnykh smesey v skvazhinakh i truboprovodakh. – M.: Nedra, 1994, 238 s.
4. Nigmatulin R.I. Dinamika mnogofaznykh sred. t.1. – M.: Nauka, 1987, 464 s.
5. Shlikhting G. Teoriya pogrannichnogo sloya. – M.: Nauka, 1974, 711 s.
6. Ismayilov G.G., Ismayilova F.B., Iskenderov E.Kh. Neftgazchikarmada multifazalı tehnologiyalar. – Bakı: Elm, 2018, 248 s.
7. Sitenkov V.T. Teoriya gradientno-skorostnogo polya. – M.: OAO VNIIOENG, 2004, 308 s.