

Neft emulsiyalarının yığılma və nəqlinin hidravlik xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsi

G.A. Zeynalova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Açar sözlər: neft emulsiyaları, anomal neftlər, reologiya, hidravlik xarakteristika, Reynolds ədədi, sulaşma dərəcəsi.

e-mail: gulnara.zeynalova93@mail.ru

DOI.10.37474/0365-8554/2020-9-46-50

Оценка гидравлических особенностей сбора и транспортировки нефтяных эмульсий

Г.А. Зейналова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: нефтяные эмульсии, аномальные нефти, реология, гидравлическая характеристика, число Рейнольдса, степень обводненности.

Анализ показывает, что учет гидравлических особенностей сбора и транспортировки трудноразрушаемых нефтяных эмульсий необходим при расчете и повышении эффективности функционирования трубопроводов. Проанализирована структурная устойчивость водонефтяных эмульсий при различных температурах и обводненностях нефтей в технологических промысловых трубопроводах на основе изучения их аномальных реологических свойств. Было установлено, что эти системы, обладающие также релаксационными свойствами при движении в трубопроводах, могут потерять структурную устойчивость. Выявлено, что переход на турбулентный режим потока нефтяных эмульсий с различной степенью обводненности происходит при значении обобщенного числа Рейнольдса $Re^* = 1200$.

Estimation of hydraulic characteristics of collection and transportation of oil emulsions

G.A. Zeynalova

Azerbaijan State University of Oil and Industry

Keywords: oil emulsions, abnormal oils, rheology, hydraulic characteristics, Reynolds number, watercut degree.

The analysis justifies that the hydraulic properties of pipelines collecting and transporting difficult-to-decompose oil emulsions should be taken into account for their calculation and increasing operational efficiency of the pipelines.

The structural sustainability of water-oil emulsions in various temperatures and watercut degrees of oils in technological pipelines based on the study of abnormal rheological properties have been analyzed. It was defined that these systems with relaxation behavior as well in the motion through the pipelines may lose the structural stability. It was revealed that the transition to the turbulent mode of oil emulsions with various watercut degrees takes place in the generalized Reynolds number $Re^* = 1200$.

Məlumdur ki, texnoloji boru kəmərlərinin istismar praktikasında quyu məhsullarının birgə çıxarılması, yığılma və nəqli zamanı bir çox hallarda müxtəlif xassəli neft-su emulsiyaları da yaranma bilər. Bəzən bu emulsiyalar reoloji cəhətdən anomal xüsusiyyətli olur və struktur dayanıqlığı ilə səciyyələnir. Neftin tərkibində olan qatran, parafin və asfalten birləşmələri (başqa sözlə – “qara” emulqatorlar) yaranan emulsiyalara tikotrop xassələr də verə bilər. Qeyd olunanlar yaranan neft-su sistemlərinin sonradan ayrılmasına maneə törədir. Parafinli neftlərdə olduğu kimi, neft emulsiyalarında da özlülük sürət qradientindən asılı olaraq dəyişir və bu sistemlər anomal xüsusiyyətlərə malik olur.

Hal-hazırda kifayət qədər böyük həcmdə özlülüti yüksək olan neftlər hasil olunur. Onların tərkibində olan yüksək molekullu birləşmələr – parafin, asfalten, qatranların hesabına adi temperaturda yüksək özlülütyə və aşağı donma temperaturuna malik olduğundan, nəql prosesi xeyli çətinləşir və əlavə (texniki, enerji və s.) xərclər tələb edir. Bu neftlərin boru kəmərlərlə adi üsulla nəqli mümkün olmadığından onların daşınması üçün xüsusi üsullardan istifadə olunur. Bunlardan kimyəvi (həllədicilərlə, səthi-aktiv maddələrin tətbiqi), termik və hidronəql üsulları misal göstərmək olar. Hidronəql üsulu qeyd olunan yüksək özlülüklü neftlərə su fəzası əlavə etməklə və müxtəlif üsullarla – həlqəvi (neftin su halqası içərisində), su ilə emulsiya şəklində və ayrı-ayrı təbəqələr şəklində həyata keçirilir [1–3].

Azərbaycan şəraitində yüksək özlülütyə malik anomal neftlərin boru kəmərlərlə hidronəqlinə əsasən neft-su emulsiyası şəklində rast gəlinir. Tədqiqatlar göstərir ki, mədəndaxili yığılma və nəqlə

Sulaşma, β , %	γ, s^*	τ, Pa	$\delta, m/s$	Cümməliqləndirilmiş Reynolds ədədi, Re^*
40	0.33	3.37	0.03	0.4
	0.6	5.06	0.05	0.8
	1.0	8.43	0.08	1.4
	1.8	12.35	0.14	3.0
	3.0	15.6	0.24	6.9
	5.4	17.7	0.43	19.7
	9.0	22.76	0.72	42.65
	16.2	29.51	1.29	106.3
	27.0	39.62	2.16	219.9
	48.6	59.01	3.89	478.5
50	81.0	76.4	6.48	1026.7
	0.33	6.74	0.03	0.2
	0.6	11.38	0.05	0.4
	1.0	16.86	0.08	0.7
	1.8	24.45	0.14	1.6
	3.0	29.51	0.24	3.7
	5.4	35.41	0.43	9.9
	9.0	46.37	0.72	21.1
	16.2	60.7	1.29	52.2
	27.0	76.4	2.16	115.3
60	48.6	106.96	3.89	266.8
	81.0	148.98	6.48	532.1
	0.33	28.66	0.03	0.1
	0.6	37.94	0.05	0.1
	1.0	46.37	0.08	0.3
	1.8	58.17	0.14	0.7
	3.0	69.97	0.24	1.6
	5.4	73.34	0.43	4.9
	9.0	93.97	0.72	10.8
	16.2	114.6	1.29	28.7
65	27.0	133.7	2.16	68.3
	48.6	170.37	3.89	173.7
	81.0	202.46	6.48	406.1
	145.8	247.54	11.66	1076.1
	0.33	61.12	0.03	0.01
	0.6	72.58	0.05	0.1
	1.0	87.1	0.08	0.2
	1.8	106.96	0.14	0.4
	3.0	137.52	0.24	0.8
	5.4	183.36	0.43	1.9
65	9.0	213.92	0.72	4.7
	16.2	259.76	1.29	12.6
	27.0	275.04	2.16	33.1
	48.6	305.6	3.89	96.4
	81.0	320.88	6.48	254.9
	145.8	336.16	11.66	788.4

70	0.33	42.99	0.03	0.03
	0.6	52.27	0.05	0.1
	1.0	61.54	0.08	0.2
	1.8	72.5	0.14	0.6
	3.0	84.04	0.24	1.3
	5.4	100.85	0.43	3.6
	9.0	114.6	0.72	8.9
	16.2	134.46	1.29	24.5
	27.0	152.8	2.16	59.9
	48.6	183.36	3.89	161.9
75	81.0	216.98	6.48	380.1
	145.8	246.77	11.66	1082.8
	0.33	34.14	0.03	0.04
	0.6	43.33	0.05	0.1
	1.0	48.89	0.08	0.3
	1.8	54.46	0.14	0.7
	3.0	64.24	0.24	1.8
	5.4	73.34	0.43	4.9
	9.0	76.4	0.72	13.3
	16.2	102.38	1.29	32.3
	27.0	106.96	2.16	85.7
	48.6	76.4	3.89	388.6
	81.0	38.2	6.48	2158.9
	145.8	15.28	11.66	17486.9

hazırlanma sistemlərində əksər hallarda qarışıqda suyun faizinin çoxalması hesabına həmin emulsiyaların özlülükləri əhəmiyyətli dərəcədə artdığından boru kəmərlərində enerji xərcləri xeyli artır, bəzi hallarda isə onların naqli ümumiyyətlə mümkün olmur.

Məlumdur ki, naql prosesində quyu məhsulunun fiziki-kimyəvi və reoloji xüsusiyyətləri zamanın asılı olaraq mütəmadi dəyişir. Texnoloji sualtı boru kəmərləri sistemində baş verən texniki-texnoloji müəzakələşmələrin sayı daha çoxdur və onların həlli magistral kəmərlərə nisbətən çətin və müxtəlifdir. Bu çətinliklər əsasən naql olunan sistemlərin reoloji cəhətdən anomol xüsusiyyətlərə malik olması ilə bağlıdır. Qeyd olunan reoloji müəzakəb neft və onun müxtəlif qarışıqlarının, həmçinin çətin parçalanan neft emulsiyalarının yığılması və naql sistemlərində hidravlik xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması zəruridir. Boru kəmərlərinin iş rejiminin düzgün seçilməsi, naql zamanı texnoloji proseslərin səmərəliliyinin artırılması və ətraf mühitin ekoloji tərzliyinə qorunması məsələləri böyük aktuallıq kəsb edir. Boru kəmərlə naql olunan və ya naql olunacaq qarışıqların reoloji və fiziki-kimyəvi xassələrinin nəzərə alınması, kəmərlərin hidravlik xarakteristikasının həmin xüsusiyyətlərdən asılılığını müəyyən edilməsi praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Neft-mədən praktikasında bəzi texnoloji proseslərdə hesablamaları sadələşdirmək üçün stasionar rejimlərdə neft və onun su ilə qarışıqlarının hərəkətinə öyrənmək zərurəti yaranır. Bu məqsədlə naql olunan mayenin reoloji təliyi, daha doğrusu $\tau = \tau(\dot{\gamma})$ asılılığı, yəni axma əyriyəli məlum olmalıdır. Qeyd edək ki, maye axınının mühitin formasından asılı olmadığı şərtini qəbul etməklə, su-neft emulsiyalarının rotoviskozimetrik tədqiqat nəticələrini real şəraitə boru hidravlikasını tətbiq etmək və onların hidravlik xüsusiyyətlərini müəyyənəşdirmək olar. Boru divarında yaranan toxunan (sürüşmə) gərginliyi τ və orta sürət qradienti $\dot{\gamma}$ uyğun olaraq aşağıdakı məlum ifadələrə əsasən təyin edilə bilər [3, 4]

$$\tau = \frac{\Delta p R}{2l}, \quad (1)$$

$$\dot{\gamma} = \frac{4v}{R}, \quad (2)$$

burada l, R – uyğun olaraq, boru kəmərinin uzunluğu və radiusu, m; Δp – kəmərdə təzyiq itkisi, MPa; v – axımın orta sürəti, m/s.

Qeyd olunanları nəzərə alaraq, Muradxanlı yatağından götürülmüş yüksəkəzlülüklü neftin 29 % ilkin sulaşma dərəcələrində reoloji tədqiqatlar aparılmış, neft emulsiyası üçün müxtəlif sulaşma dər-

cələrində (40, 50, 60, 65, 70, 75 %) τ və $\dot{\gamma}$ kimi reoloji parametrlər müəyyən edilmiş və diametri $d = 158$ mm olan texnoloji yığılma boru xətti üçün (2) ifadəsinə əsasən axın sürəti q hesablanmışdır. Alınan nəticələr cədvəldə verilmişdir.

Azərbaycanın neft yataqlarından hasil olunan qeyri-Nyuton xassələrə malik bir sıra neft və neft emulsiyalarının boru kəmərlərində axım zamanı müəyyən şəraitə hərəkət dayanıqlılıqlarının itirilməsi faktı bir çox tədqiqatçılar tərəfindən artıq təsdiqlənmişdir. Bir qayda olaraq, bu halın baş verməsi sistemin daxili dəyişikliyi və elastikliyi ilə əlaqələndirilir. Belə sistemlər reoloji cəhətdən qeyri-taraz sistemlərə aid edilir və onları üçün axma əyriyəli əksər hallarda qeyri-xəttidir. Bu neftlərdə qeyd olunan anomallıq müxtəlif amillərlə izah edilə bilər. Struktur əmələgətirən neftlər üçün ən çox təyinedici amil tərkibində qatran, parafin və asfalten hissəciklərinin olması və onların qarşılıqlı təsiri, həmçinin faza çevrilmələri zamanı sistemdə yeni faza rüseymlərinin əmələ gəlməsidir. Digər tərəfdən, həmin sistemlərin viskozimetrdə aparılan reoloji tədqiqatların nəticələri göstərir ki, müxtəlif struktur əmələ gətirən neftlə-

rin boru kəmərlərində hərəkəti zamanı axının struktur dayanıqlılığı, hətə Reynolds ədədi böhran qiymətinə çatmamış pozulur [4, 5]. Bu sistemlərin stasionar xüsusiyyətlərinin təhlili göstərir ki, axının qeyd olunan sahəsində asılılıqlar qeyri-xətti xarakter daşıyır. Məlumdur ki, quyu məhsulunun yığılması və naqli zamanı boru kəmərlərinin iş rejimi, özlü və ya özlü-plastik mayelərin hidravlik hesablatından seçilir. Məhz bu səbəbdən, mövcud hidravlik müqavimət əmsallarının onların hesabı qiymətləri ilə müqayisəsi, müəyyən fərqin mövcudluğunu göstərir.

Alınmış nəticələr bir daha təsdiq edir ki, naql olunan mayelərin özlü-elastik xassələri, istismar edilən boru kəmərlərinin nainki stasionar, həm də qeyri-stasionar xarakteristikalarına bilavasitə təsir göstərir. Beləliklə, tətbiq edilən təklif və üsulların səmərəliliyi naql olunan sistemlərin bu xassələrinin nəzərə alınması ilə bağlıdır. Buna görə də neft su emulsiyalarında baş verən struktur dəyişikliklərini daha dəqiq izah edən ümumiləşdirilmiş Reynolds ədədinin istifadə olunma zərurəti yaranır. Ümumiləşdirilmiş Reynolds ədədi adı Reynolds ədədi (Re) nəzərə alınmaqla aşağıdakı ifadəyə görə müəyyən edilmişdir [5, 6]:

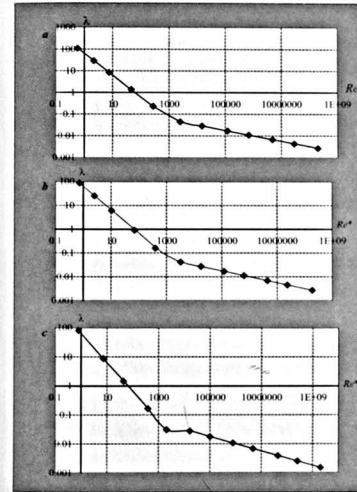
$$Re^* = Re \left[1 + \frac{4}{3} \left(\frac{\theta - 9}{R} \right)^2 \right], \quad (3)$$

burada θ – sistemin relaksasiya vaxtıdır.

Ümumiləşdirilmiş Reynolds ədədinin müxtəlif sulaşma halları üçün hesablanmış qiymətləri cədvəldə verilmişdir.

Tədqiq olunan ilkin sulaşması 29 % olan neft emulsiyası nümunəsi üçün standart şəraitdə ($t = 20^\circ\text{C}$) diametri $D = 158$ mm olan boru xətti üçün 40, 50 və 60 % sulaşma halları üçün hidravlik müqavimət əmsalının λ ümumiləşdirilmiş Reynolds ədədindən asılılıqları uyğun olaraq şəkildə göstərilmişdir. Şəkildə verilməsi $\lambda = f(Re^*)$ asılılıqlarının təhlili nəticəsində laminar rejimə, hətə adı Reynolds ədədinin böhran $Re^* = 2320$ qiymətinə çatmamış axının struktur dayanıqlılığının pozulması məlum olmuşdur. Şəkildən göründüyü kimi, baxılan hallarda naql olunan müxtəlif sulaşma dərəcəsinə malik neftlər üçün axının erkən turbulizasiyası $Re^* = 1200$ qiyməti ətrafında baş verir.

Son illərdə aparılan tədqiqatlara uyğun olaraq, qeyd olunan halın baş verməsi əsasən göstərilən sistemlərdə relaksasiya xüsusiyyətinin olması ilə bağlıdır. Məhz bu xassələrə malik olan sistemlərin naqli zamanı nainki kəmiyyət, hətə keyfiyyət



İlkin sulaşması 29 % olan neft emulsiyası nümunəsi üçün ümumiləşdirilmiş Reynolds ədədinin böhran qiymətinin təyini:

$a - D = 0.15$ m, $\beta = 40\%$, $t = 20^\circ\text{C}$; $b - D = 0.15$ m, $\beta = 50\%$, $t = 40^\circ\text{C}$; $c - D = 0.15$ m, $\beta = 60\%$, $t = 60^\circ\text{C}$

dəyişiklikləri də baş verə bilər. Ona görə də bu cür sistemlərin nəqlinin etibarlılığını artırmaq (rasional parametrlərin seçilməsi) nəql xərclərini azaltmaq

üçün onların hidravlik xüsusiyyətlərinin düzgün qiymətləndirilməsi vacibdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Девликамов В.В., Хабитуллин З.А., Кабиров М.М. Аномальные нефти. – М.: Недра, 1975, 168 с.
2. Мирзаджанзаде А.Х., Галямов А.К. и др. Гидродинамика трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – М.: Недра, 1984, 287 с.
3. Лутоскин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. – М.: Недра, 1977, 183 с.
4. Рейнер М. Деформация и течения. – М.: Гостоптехиздат, 1963, 381 с.
5. Исмаилов К.К. О диагностировании потери структурной устойчивости течения неравновесных жидкостей в трубах // Изв. ВУЗов, Нефть и газ, 1997, № 5-6, с. 33-36.
6. Саттаров Р.М., Исмаилов К.К., Абдуллаев М.М., Рафибейли Н.С. Исследование гидравлических характеристик течения структурированных нефтей в трубах. Минск, 1990, деп. в. ВИНТИ (реферат статьи) // Инженерно-физический журнал, т. 60, 1991, № 3, 500 с.

References

1. Devlikamov V.V., Khabitulinn Z.A., Kabirov M.M. Anomal'nye nef'ti. – M.: Nedra, 1975, 168 s.
2. Mirzadzhanzade A.Kh., Galyamov A.K. i dr. Gidrodinamika truboprovodnogo transporta nef'ti i nef'teproduktov. – M.: Nedra, 1984, 287 s.
3. Lutoshkin G.S. Sbor i podgotovka nef'ti, gaza i vody. – M.: Nedra, 1977, 183 s.
4. Reyner M. Deformatsiya i techeniya. – M.: Gostoptekhizdat, 1963, 381 s.
5. Ismailov K.K. O diagnostirovaniy poteri strukturnoy ustoychivosti techeniya neravnesnykh zhidkostey v trubakh // Izv. VU-Zov, Neft' i gaz, 1997, No 5-6, s. 33-36.
6. Sattarov R.M., Ismailov K.K., Abdullayev M.M., Rafibeyli N.S. Issledovanie gidravlicheskiy kharakteristik techeniya strukturirovannykh neftey v trubakh. Minsk, 1990, dep. v. VINITI (referat stat'yi) // Inzhenerno-phizicheskiy zhurnal, t. 60, 1991, No 3, 500 s.