

Multifazalı, relyefli boru kəmərlərində qravitasiya itkilərinin təyini

F.B. İsmayılova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Araşdırma multifaza, relyefli boru kəməri, enerji xərcləri, qravitasiya itkiləri, təzyiç döyüntüləri, sərf xarakteristikası.

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

DOI.10.37474/0365-8554/2021-5-38-42

Определение гравитационных потерь в мультифазных рельефных трубопроводах

Ф.Б. Исмаилова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: мультифаза, рельефный трубопровод, энергетические расходы, гравитационные потери, пульсации давления, расходная характеристика.

Рассмотрены специфические особенности расчета гравитационных потерь на преодолении нивелирных высот в рельефных трубопроводах при мультифазных течениях. Было установлено, что гравитационные потери давления помимо геодезических высот начала и конца трубопровода, будут зависеть также от координат самотечных зон (нивелирных отметок начала и конца мультифазных безнапорных зон).

В статье также показан способ определения самотечных зон в мультифазных потоках.

Specification of gravity losses in multi-phase relief pipelines

F.B. Ismailova

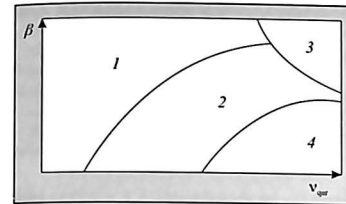
Azerbaijan State University of Oil and Industry

Keywords: multi-phase, relief pipeline, energy charges, gravity losses, pressure pulses, discharge characteristics.

The paper reviews specific characteristics of calculation of gravity losses on passage of reference planes in the relief pipelines in the multi-phase flows. It was defined that alongside with geodesic heights of beginning and end of the pipelines, the pressure gravity losses will depend on the coordinates of gravity zones (reference marks of beginning and end of multi-phase free-flow zones).

The method for definition of pressure-free zones in the multi-phase flows is presented.

birləşməsi nəticəsində axının ayrı-ayrı fazalara ayrılması təbəqəli struktur rejimi formalaşır. Professor A.İ. Qujovun tədqiqatlarına əsasən diametri 0,05÷0,3 m olan horizontal borularda qaz-maye qarışığı üçün strukturların paylanması şəkil 1-də göstərilmişdir [3].



Şəkil 1. Qaz-maye axınları üçün struktur formalarının xaritası:

1-4- uyğun olaraq təbəqələşmiş dalgavar, tıxact-emulsiyalı, dairəvi və emulsiyalı strukturlar

İkifazlı qaz-maye axınları qazın mayədə paylanmasından asılı olaraq müxtəlif struktur formaları ilə xarakterizə olunur. Bu formalar qarışığın sürəti, sərfinq qaz tutumu, fazaların fiziki xassələri, boru kəmərinin diametri və mailliyindən asılı olaraq müxtəlif ola bilər. Aparılan çoxsaylı tədqiqatlara əsasən, aşağıdakı əsas struktur formaları müəyyən edilmişdir:

- qabarcıqlı və emulsiyalı forma. Bu forma mayədə qaz qabarcıqlarının birgə hərəkəti ilə səciyyələnir;

- təbəqələrə (fazalara) ayrılmış struktur forması. Maye və qaz formalarının ayrı-ayrı təbəqələr şəklində, hamar və ya dalgavarı sərhəddə malik olan hərəkətli xarakterizə olunur;

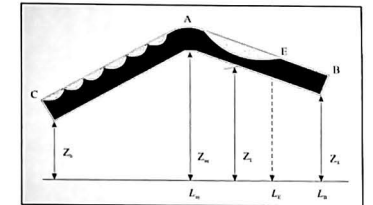
- tıxactli (mərmili) forma, hansı ki, müxtəlif ölçülü maye və qaz tıxacının növbələşməsi ilə səciyyələnir;

- həlqəvi strukturlu hərəkət forması hansı ki, maye kütləsinin əsasən borunun divarları ilə maye halqa şəklində, içərisində isə maye damcılı olan yüksək sürətlə qaz nüvəsinin hərəkəti ilə xarakterizə olunur.

Multifazlı axınlarda sürət yüksək olmadıqda fazaları ayıran sərhəd hamar olsa da, sürət artdıqca həmin sərhəddə qravitasiya dalgaları yaranır. Dalgaların amplitudu qarışığın sürətinə mütənasib olaraq artır. Müəyyən səraitdə dalgalar borunun en kəsiyini tamamilə bağlayır və axın tıxactli struktur formasını alır. Bu zaman qaz və maye tıxacları bir-biri ilə növbələşir. Qaz tutumunun böxəalması

ilə sabit hərəkət sürətində qaz tıxaclarının ölçüləri böyüyür, maye tıxacları isə kiçilir. Axında maye tıxacları sanki borunun divarına yapışaraq, qaz fazası isə mərkəzdə hərəkət edir. Beləliklə, qaz-maye axınının həlqəvi strukturu formalaşmış olur. Qeyd olunan struktur formaları qarışılıqlı ola bilər olmaqla axının şəraiti (təzyiç düşdükcə qazın ayrılması, borunun en kəsiyi və horizontal olan mailliyinin dəyişməsi hesabına və s.) dəyişdikcə biri digərinə keçə bilər.

Təcrübelərlə müəyyən edilmişdir ki, multifazlı boru kəmərlərinin praktik hesablanması üçün əsasən təbəqələşmiş, tıxactli və həlqəvi struktur formalarının araşdırılması kifayət edir. Məlum olmuşdur ki, az maillə və horizontal boru kəmərlərində qeyd olunan hər üç struktur forma reallaşma bildiyi halda aşağıdan yuxarı axınlarda yalnız tıxactli və həlqəvi strukturlar formalaşır.



Şəkil 2. Multifazlı axında nisviri hündürlüklər üzrinqin dəf olunmasına sərf olunan təzyiç itkisinin təyini sxemi

Relyefli boru kəmərlərində multifazlı axınla nisviri hündürlüklərinin dəf olunmasına sərf olunan təzyiç itkilərinin hesablanmasında da səciyyəvi xüsusiyyətləri var. Qeyd olunanların araşdırılmasına sxematik olaraq şəkil 2-də göstərilən, aşağıdan yuxarıya və yuxarıdan aşağıya hərəkət istiqamətləri olan boru kəmərinin sıxladılması profillində baxaq. Yuxarı qalxan axında tıxactli struktur formasının, yuxarıdan aşağı hərəkət zonasında isə sonradan tıxactli struktura keçən təbəqələşmiş (ayrı-ayrı fazalar şəklində) strukturun mövcudluğunu nəzərə almaqla həmin hissələr üzrə təzyiç itkilərinin toplaşmaq, nisviri hündürlüklərinin qravitasiyanı dəf etmək üçün lazım olan təzyiç itkisini təyin etmək üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$\Delta p_{gr} = [(z_A - z_B) + (z_C - z_E)] \rho_{qaz} \cdot g, \quad (1)$$

burada z_A, z_B, z_C, z_E - uyğun olaraq boru kəmərinin aşırım nöqtəsi A, başlanğıc C, son nöqtəsi B və təbəqələşmiş hərəkət zonasının (sərbəst axın zonası)

son nöqtəsinin geodezik hündürlükləri, m ; ρ_{qr} – tıxaclı axın zonasında qarışıqın sıxlığıdır, kg/m^3 .
Sonuncu ifadədə qruplaşdırma aparsaq, aşağıdakı düsturu alarıq:

$$\Delta p_{qr} = [\Delta z + \Delta z_{qr}] \rho_{qr} \cdot g, \quad (2)$$

burada $\Delta z = z_B - z_A$ – boru kəmərinin son və başlanğıc nöqtələrinin hündürlüklər fərqi, m ; Δz_{qr} – sərbəst axın zonasında başlanğıc aşırım A və son E nöqtələrinin geodezik hündürlüklər fərqidir, m .

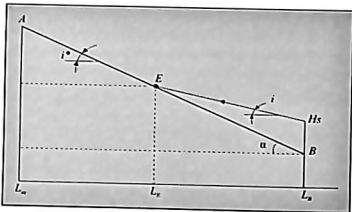
Qeyd etmək lazımdır ki, real halda boru kəmərlərində yuxarıdan aşağı istiqamətlənmiş zonaların sayı 1-dən çox da ola bilər. Ümumi halda həmin zonaların sayının n olduğunu qəbul etsək, onda (2) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar

$$\Delta p_{qr} = \left(\Delta z + \sum_{i=1}^n \Delta z_{qr} \right) \rho_{qr} \cdot g. \quad (3)$$

Alınmış (3) ifadəsində əsasən, multifazalı axınlar qravitasiyadan yaranan təzyiqlik itkisini başlanğıc və son nöqtələrin geodezik hündürlükləri ilə yanaşı, təbəqələşmiş struktur, yəni sərbəst axın zonasının başlanğıc və son nöqtələrinin hündürlüklər fərqi, yəni uzunluğundan və axının sürətindən asılı olacaqdır. Bu itkilər həmin zonaların sayının çöxəlməsi ilə də artır.

Beləliklə, monofazlı axınlarla müqayisədə multifazlı axınlarda sürütməyə sərf olunan təzyiqlik itkisinin çox olması dalğaların və qaz tıxaclarının yaranması, qaz qabarcıqlarının parçalanması və s. ilə yanaşı qravitasiya itkilərinin mövcudluğu ilə bağlıdır. Odur ki, multifazlı axınlarda qeyd olunan sərbəst axın zonalarının yerinin – koordinatlarının təyini məsələsi də aktualıq kəsb edir. Şəkil 2-yə uyğun olaraq sərbəst axın zonasının koordinatları təyin edilmişdir (şəkil 3).

Şəkil 2 və 3-dən gördüyü kimi, kəmərin AB hissəsində yerləşən sərbəst axın zonasının başlanğıc A nöqtəsi kəmərin aşırım nöqtəsinə, E nöqtə-



Şəkil 3. Sərbəst axın zonasının koordinatları

si isə həmin zonalının son nöqtəsinə uyğundur. Tədqiqatlar əsasən E nöqtəsinə müəyyən etmək üçün kəmərin sonunda olan basqı H_s qeyd edilir və həmin nöqtədən kəmərin üçün hesablanmış hidravlik mailik (i) xətti çəkilir və E kəsişmə nöqtəsi axtarılaraq zonalının sonunu müəyyən etmiş olur [2,3]. Şəkil 2 və 3-də göstərilən L_A , L_E – uyğun olaraq boru kəmərinin aşırım, sərbəst axın zonasının sonu və kəmərin başlanğıc aralarında məsafə, L_B isə kəmərin uzunluğudur.

Məlumdur ki, boru kəmərinə hidravlik mailiyi i hesablamak üçün aşağıdakı ifadədən istifadə olunur [4]:

$$i = \lambda \frac{g^2}{2g \cdot D^5}, \quad (4)$$

burada D – borunun diametri; g , λ – uyğun olaraq axının sürəti və hidravlik müqavimət əmsəlidir.

g və λ parametrləri hidravlikanın məlum düsturlarına əsasən aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$g = \lambda \frac{4Q_{qr}^2}{\pi D^5}; \quad Re = \frac{g \cdot D}{\nu_{qr}}$$

$$\lambda = 64 / Re \quad (Re < 2300);$$

$$\lambda = \frac{0.3164}{\sqrt{Re}} \quad (Re < 2300);$$

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{K}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25} \quad (10 < Re \cdot \frac{K}{D} < 500)$$

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{K}{D} \right)^{0.25} \quad (Re \cdot \frac{K}{D} \geq 500),$$

burada Q_{qr} – qarışıqın sərfi, m^3/s ; K – ekvivalent kələ-kötürüklük əmsali ($K \approx 1.0$ mm); ν_{qr} – qarışıqın kinematik özlülüyü, m^2/s .

Aşırım nöqtəsi və ya nöqtələrinin mövcud olduğu hallarda həmin nöqtədən (və yaxud nöqtələrdən) sonra boru kəmərinə sərbəst axın sahələri yaranacaq. Bu cür axın sahələrinin başlanğıcını müvafiq aşırım nöqtəsi, sonu isə boru kəmərinin sonundan çəkilən hidravlik mailik i xəttinin trasın profili ilə kəsişmə nöqtəsi olacaq [2]. Qeyd olunan sahənin koordinatını təyin etmək məqsədilə həmin kəsişmə nöqtəsindən absis L oxunadək perpendikulyar xətt kəşməsinədən alınan nöqtə sərbəst axın sahəsinin sonunu müəyyən edəcək. Boru kəmərinin trasının profilinə əsasən AB hissəsində a bucağı məlum olduğundan sərbəst axın zonasında (AE hissəsində) hidravlik mailik i^* AE profilinə paralel olduğu üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar.

$$i^* = \text{tg} \alpha = \frac{Z_A - Z_B}{L_B - L_A}. \quad (5)$$

Şəkil 3-ə əsasən E nöqtəsində basqılar balansını aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$Z_B + i^*(L_B - L_E) = H_s + i(L_B - L_E). \quad (6)$$

Sonuncu ifadədən sərbəst axın zonasının sonunu koordinatının L_E təyini üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$L_E = L_B - \frac{Z_B - H_s}{i - i^*}, \quad (7)$$

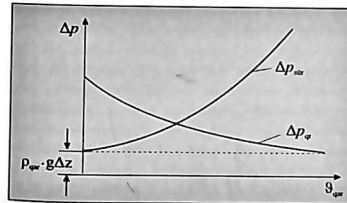
burada H_s – sərbəst axın sahəsi olan boru kəməri hissəsinin (seqmentinin) sonunda olan basqıdır.

Onda sərbəst axın zonasının uzunluğu (L_A) aşağıdakı kimi təyin edilə bilər

$$L_A = L_E - L_A. \quad (8)$$

Beləliklə, multifazlı boru kəmərinin axının aşağıdan yuxarıya istiqamətlənmiş hərəkət zonalarında, harada ki tıxaclı struktur forması mövcuddur, qravitasiya itkiləri əsasən maye sütununun çökisi ilə təyin edilir. Yuxarıdan aşağıya istiqamətlənmiş axınlar isə təbəqələşmiş struktur forması üstünlük təşkil edir, axının potensial enerjisinin artımı qaz sütununun çökisi ilə müəyyən edilir. Odur ki, axının sürətinin çox kiçik qiymətlərində ($g_{qr} \rightarrow 0$) qravitasiya itkiləri maksimal olur. Sürətin çöxəlməsi və ya itkilər monoton olaraq azalır, fərdlənməyə sərf olunan təzyiqlik itkisini monoton olaraq artır [5]. Multifazlı qarışıqın sürətinin artması ilə basqısız-sərbəst axın zonalarında təbəqələşmiş zonalının uzunluğu əvvəl azalır, sonra isə tədricən tıxaclı struktur formasına keçir. Bununla da sürətin çöxəlməsi nəticəsində tədricən aşağı və yuxarı axınlar qarışıqın sıxlıqları arasında olan fərq aradan qalxmış olur. Bu isə öz növbəsində qravitasiya itkilərinin Δp_{qr} azalaraq asimtotik $\rho_{qr} \cdot g \cdot \Delta z$ qiymətinə yaxınlaşması ilə nəticələnir (şəkil 4).

Qravitasiya itkilərindən fərqli olaraq sürütmə

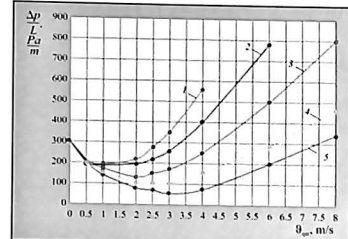


Şəkil 4. Qravitasiya və sürütmə itkilərinin qarışıqın sürətindən asılı olaraq dəyişməsi

itkilərinə sərf olunan təzyiqlik itkiləri Δp_{qr} isə axının sürətinin çöxəlməsi ilə monoton olaraq artır.

Məlumdur ki, neft və qaz yataqlarında quyu məhsullarının yığılması, nəqli sistemlərinin layihələndirilməsi zamanı bir qayda olaraq tək neft fazası və ya yalnız qaz fazası nəzərdə tutulduğundan işlənmənin həyata keçirilməsi zamanı faktiki xərcələr layihə xərcələrindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Bir çox hallarda bu fərqlənmə axınların çöxfazalı olmasının nəzərə alınmaması, maye və qaz karbohidrogenlərinin boru kəməri ilə birgə nəql edilməsi ilə bağlıdır.

Multifazlı mədən boru kəmərləri üçün tam təzyiqlik itkisinin qarışıqın sürətindən asılılığını əks etdirən ayrılır sərfi qaz tutumunun β müxtəlif qiymətləri üçün şəkil 5-də göstərilmişdir.



Şəkil 5. Mədən multifazlı boru kəmərinin sərf xarakteristikası: $L - g_{qr}$ – uyğun olaraq $\beta = 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6$ olduqda

Şəkil 5-dən gördüyü kimi, β çöxəldiqca, təzyiqlik itkisinin minimal qiymətinə uyğun gələn sürətin qiyməti də artır. β -nin kiçik qiymətlərində, hansı ki, qalxan və düşən axınlar qarışıqın sıxlıqları arasında demək olar ki, fərq yaranmur, onda boru kəmərinə təzyiqlik itkisinin dəyişmə əyrisində Δp_{qr} qiyməti mövcud olmayacaqdır.

Nəticə

1. Monofazlı axınlarla müqayisədə multifazlı axınlar təzyiqlik itkilərinin çox olması dalğa və qaz tıxaclarının yaranması, qaz qabarcıqlarının parçalanması ilə yanaşı, həm də qravitasiya itkilərinin mövcudluğu ilə bağlıdır.

2. Sərbəst axın zonalarının müəyyən edilməsi və qravitasiya itkilərinin qiymətləndirilməsi metodikası təklif olunmuşdur.

3. Suluşma və qazsızlaşdırılma dərəcəsi asılı olaraq multifazlı mədən boru kəmərlərinin sərf xarakteristikasında minimal təzyiqlik itkiləri təyin edilmişdir.

Ədəbiyyat əijyahısı

1. Алиев Р.А., Белоусов В.Д., Немудров А.Г. и др. Трубопроводный транспорт нефти и газа. – М.: Недра, 1988, 368 с.
2. Miraləmov H.F., İsmayilov Q.Q. Neftin və qazın boru kəmərləri ilə nəqli. – Bakı, 2010, 504 s.
3. Гужов А.И. Совместный сбор и транспорт нефти и газа. – М.: Недра, 1973, 280 с.
4. Коршак А.А., Забазнов А.И., Новоселов В.В. и др. Трубопроводный транспорт нестабильного газового конденсата – М.: ВНИИОЭНГ, 1994, 224 с.
5. İsmayilov Q.Q., Nurullayev V.X., Zeynalov E.A. Qərarlaşmış rejimdə neft kəmərlərində sərbəst axın sahələrinin təyini üçün grafoanalitik üsul // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, 2015, c. 7, № 3, s. 91-103.

References

1. Aliev R.A., Belousov V.D., Nemudrov A.G. i dr. Truboprovodniy transport nefli i gaza. – M.: Nedra, 1988, 368 s.
2. Miraləmov H.F., İsmayilov G.G. Neftin ve qazın boru kemerleri ile negli. – Bakı, 2010, 504 s.
3. Guzhov A.I. Sovmestniy sbor i transport nefli i gaza. – M.: Nedra, 1973, 280 s.
4. Korshak A.A., Zabaznov A.I., Novoselev V.V. i dr. Truboprovodniy transport nestabil' nogo gazovogo kondensata. – M.: VNIIOENG, 1994, 224 s.
5. İsmayilov G.G., Nurullayev V.Kh., Zeynalov E.A. Gerarlashmish rezhimde neft kemerlerinde serbest akhin sahelerinin teyini uchun grafoanalitik usul // Azerbaijan Muhendislik Akademiyasinin Kheberleri, 2015, j. 7, No 3, s. 91-103.