

The Effect of the Pressure on the Discharge of Multiphase Oil Pipeline

F.B. Ismayilova, E.Kh. Iskandarov

Azerbaijan State University of Oil and Industry (Azadlig avenue, 34, Baku, AZ1010, Azerbaijan)

For correspondence:

Iskandarov Elman / e-mail: e.iskenderov62@mail.ru

Abstract

In the article, it was attempted to model laminar and turbulent flows for multiphase mixtures at different pressure values, taking into account changes in the degree of compression. Taking into account the nature of the pressure drop along the pipeline, mathematical expressions characterizing the pressure-dependent variation of flow in the pipeline for laminar and turbulent flows have been obtained. Analysis of the obtained expressions showed that the impact of pressure on the discharge of oil pipelines in both turbulent and laminar modes of multiphase flows is quite high, and this effect can increase up to 60%, depending on the average pressure in the pipeline.

Keywords: pressure, compression, multiphase, flow rate of the mixture, viscosity, flow regime, joint gathering.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_02_78_83

For citation:

Ismayilova F.B., Iskandarov E.Kh.

[The Effect of the Pressure on the Discharge of Multiphase Oil Pipeline]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2021, Vol. 13. № 2. Pp. 78 – 83 (in Azerbaijan).

Təzyiqin multifazalı neft kəmərinin buraxma qabiliyyətinə təsiri haqqında

F.B. İsmaylova, E.X. İskəndərov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq prospekti 34, Bakı şəhəri, AZ1010, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

İskəndərov Elman / e-mail: e.iskenderov62@mail.ru

Annotasiya

Məqalədə sıxılma dərəcəsinin dəyişmələrini nəzərə almaqla və təzyiqin müxtəlif qiymətlərində multifazlı qarışıqlar üçün laminar və turbulent axınların modelləşdirilməsinə cəhd edilmişdir. Boru kəməri boyu təzyiqin azalmasının xüsusiyyəti nəzərə alınmaqla laminar və turbulent axınlar üçün boru kəmərinə sərfən təzyiqdən asılı olaraq dəyişməsinə xarakterizə edən riyazi ifadələr alınmışdır. Alınmış ifadələrin təhlili göstərmişdir ki, multifazlı axınların həm turbulent, həm də laminar rejimlərində təzyiqin qiymətinin neft kəmərlərinin buraxma qabiliyyətinə təsiri kifayət qədər böyükdür və bu təsir boru kəmərlərində orta təzyiqin qiymətindən asılı olaraq, 60 %-ə qədər yüksələ bilər.

Açar sözlər: təzyiq, sıxılma, mültifaza, qarışıqın sərfi, özlülük, hərəkət rejimi, birgə yığım.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_02_78_83

УДК: 622.691.4.052.012

О влиянии давления на пропускную способность мультифазных трубопроводов

Ф.Б. Исмаилова, Э.Х. Искендеров

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
(пр. Азадлыг, 34, Баку, AZ1010, Азербайджан)*

Для переписки:

Искендеров Эльман / e-mail: e.iskenderov62@mail.ru

Аннотация

В статье сделана попытка смоделировать течения мультифазных смесей при ламинарных и турбулентных режимах с учетом изменения степени сжимаемости и при разных уровнях давлений. С учетом характера изменений давления в системе были получены зависимости расхода смеси от уровня давления для ламинарных и турбулентных течений. Анализ полученных формул показал, что влияние уровня давления на пропускную способность нефтепроводов как в турбулентном, так и в ламинарном режимах мультифазных потоков довольно велико и в зависимости от уровня среднего давления в трубопроводе может возрастать до 60%.

Ключевые слова: давление, сжимаемость, мультифаза, расход смеси, вязкость, режимы движения, совместный сбор.

Giriş

Məlum olduğu kimi, neftin, qazın hasilat və yığım sistemlərinin yataqların istismar səmərəliliyinə təsiri böyük əhəmiyyət kəsb edir. Çünki əsas enerji və sərvət məsrəfləri, həmçinin ətraf mühitin ekoloji durumuna mənfi təsir göstərən əksər qəza və mürəkkəbləşmələr məhz bu sistemlərdə baş verir. Təcrübələr göstərir ki, hasilat quyularının və neft-yığım sistemlərinin istismar göstəricilərində əksər hallarda hesablanmış (layihə) qiymətlərindən kənarlaşmalar baş verir [1,2]. Ona görə də, mədənlərin abadlaşdırılma sistemlərinin optimallaşdırılması neft və neft (səmt) qazlarının hasilatının səmərəliliyini artırır. Quyu məhsulunun keyfiyyət göstəricilərini qorumaqla, karbohidrogen xammalının itkilərinin azaldılması üçün əsas istiqamətlərdən biri olan birgə yığım texnologiyalarının tətbiqi ilə quyuların istismara verilməsi də sürətlənir. Belə ki, abadlaşdırma sistemində gücləndirici nasos stansiyalarından öndə separasiya qurğuları və yığım qaz kəmərləri qoşulmur. Mədən obyektlərinin kifayət qədər köhnəldiyi, işlənmənin son mərhələlərində isə onların əksər hissəsi böyük istismar xərcləri hesabına yenisi ilə əvəz olunur, yüksək sulaşma səbəbindən neft hasilatının maya dəyəri yüksəlir. Birgə nəqli həyata keçirməklə isə xərclərin azaldılmasına (optimallaşdırılmasına) nail olmaq mümkündür.

Quyu məhsulunun neft qazının ayrılmadan birgə yığılmasını elektrik mərkəzdənqaçma nasosları, ejektorlar, boru tipli separatorlar və s. ilə təchiz edilmiş gücləndirici nasos stansiyalarının tətbiqi ilə həyata keçirmək olar. Bu zaman quyuağzında təzyiqin qaldırılması tələb olunmur. Bu təzyiqin qalxması ilə quyu məhsulunun separator və nasosların tətbiqi olmadan quyulardan mədən yığın məntəqlərinə birgə nəqlini həyata keçirmək mümkündür [2,3].

Belə texnologiyanın tətbiqi üçün aşağıdakı məsələlərin həlli tələb olunur:

- multifazlı sistemin (qazı qabaqcadan ayırmadan) quyular qrupundan (yataq sahəsindən) yığım məntəqəsinə nəqli üçün neft-qaz qarışığı üçün boru kəmərinin başlanğıcında minimal zəruri təzyiqin qiymətinin təyini;

- baxılan mədən sahəsi üçün hasilat quyularında quyuağzı təzyiqin qiymətinin qaldırılmasını nəzərə almaqla multifazlı texnologiyaların texniki-iqtisadi təminatı.

Beləliklə, quyu məhsullarının (neftin, qazın və suyun) birgə səmərəli yığılmasının mühüm şərtlərindən biri təzyiq amili ilə bağlıdır. Sözsüz ki, təzyiqin doyma təzyiqindən (P_d) yuxarı qiymətlərində boru kəmərinə hərəkət edən qarışıq bircinsli, yəni homogen qarışıq olacaqdır. Təzyiqin aşağı qiymətlərində, yəni $P < P_d$ olduqda sistemdə 2-ci qaz fazasının mövcudluğu hesabına heterogen sistem yaranacaqdır. Bu cür sistemlərdə sərbəst şəkildə qaz fazasının mövcudluğu və bu fazanın təzyiqdən asılı olaraq fiziki-kimyəvi xassələrinin dəyişməsi qaçılmazdır. Bu cür sistemlərin boru kəmərlərində hərəkəti məsələlərinə, sərfən təzyiq və temperaturdan asılı olaraq qarışığın sıxlığı və həcmi sürətinin dəyişməsinə təsdiqləyən xeyli sayda nəzəri və təcrübi tədqiqatlar mövcuddur.

Neft-qaz, qaz-kondensat qarışıqlarının boru kəmərləri ilə nəqli zamanı, hətta sistemin bircinsliyi qəbul olunduğu şərtlər daxilində belə həmin sistemlərin özlərini yeni keyfiyyət göstəricilərinə malik olan, relaksasiya xüsusiyyətli sistemlər kimi biruzə verməsi müəyyən edilmişdir [4-8].

Multifazlı qarışıqların hərəkəti zamanı təzyiqin müxtəlif qiymətlərində qaz rüşeymlərinin əmələ gəlmə təzahürünün nəzərə alınması və onların texnoloji proseslərdə tətbiqi məsələləri

ilə akademik A.X. Mirzəcanzadənin rəhbərliyi ilə çoxlu tədqiqatlar aparılmışdır.

Təqdim olunan işdə qeyd olunan sistemlərdə yaranan mikro rüşeymlərin (olduqca kiçik qaz hissəciklərinin) hesabına sistemin sıxılma xüsusiyyətinin dəyişməsinə təzyiqin səviyyəsinin necə təsir etməsi məsələləri araşdırılmışdır.

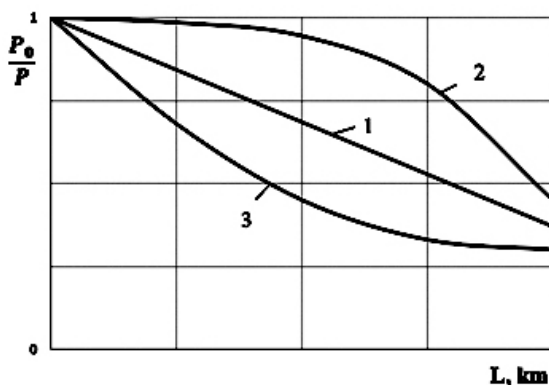
Yuxarıda qeyd edilənlər əsasında qaz rüşeymlərinin dəyişmələrini (sıxılma dərəcəsinə) nəzərə almaqla təzyiqin müxtəlif qiymətlərində multifazlı qarışıqlar üçün axının modeləşdirilməsinə cəhd edilmişdir. Bu məqsədlə əsas kimi, təzyiqin qazla doymuş mühitin özlülüyünə təsiri üçün tədqiqatlar nəticəsində alınmış aşağıdakı asılılıq qəbul edilmişdir.

$$\nu = \nu_0(1 + \alpha P) \quad (1)$$

Burada: ν_0 -normal şəraitdə ($T=0^\circ \text{C}$, $P=1 \text{atm.}$) qarışığın kinematik özlülüyü; P -təzyiq; α - təzyiqinin 1atm. qalxması ilə özlülük əmsalının özünün ilkin qiymətinə (ν_0) görə neçə dəfə arta bilməsini göstərən əmsaldır.

Nəzəri tədqiqat

Multifazlı sistemlər üçün boru kəmərinin uzunluğu boyu təzyiqin paylanması, müəyyən mənada şəkil 1-də göstərilən kimi təsəvvür etmək olar [1,2].



1-3- təzyiqin uyğun olaraq neft, qaz və multifazlı kəmərdə paylanması

Şəkil 1 – Boru kəmərinə təzyiqin axın boyu paylanması

Figure 1 – Pressure distribution in pipeline

Əgər $dP/dx = \rho gh/\ell$ qəbul etsək, (1) və ümumiləşdirilmiş Leybenzon ifadələrinə görə alarıq:

$$-\frac{dP}{dx} = B(1 + \alpha P)^m \quad (2)$$

Burada:

$B = \frac{\rho A}{2} \left(\frac{4}{\pi}\right)^{2-m} \cdot \frac{Q^{2-m}}{D^{5-m}} \cdot \nu_0^m$; m və A -axın rejimlərini xarakterizə edən sabit kəmiyyətlər; D - boru kəmərinin diametri; Q -boru kəmərinə qarışığın sərfidir.

$C = (1 + \alpha P_0)^{\frac{m-1}{m}}$ olduğunu nəzərə alsaq, (2) bərabərliyinə əsasən təzyiqin dəyişmə qanunu aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$(1 + \alpha P)^{\frac{m-1}{m}} = -\frac{m-1}{m} \cdot X \cdot \alpha \cdot B + (1 + \alpha P_0)^{\frac{m-1}{m}} \quad (3)$$

Qəbul olunur ki, diametri D , uzunluğu ℓ olan boruya P_0 başlanğıc təzyiqlə qazla doymuş maye daxil olur. Təzyiqin düşməsi ilə sistemdə qaz qabarcıqları əmələ gəlməyə başlayır və onların qarışıqda qatılığı intensiv şəkildə artır. Borunun sonunda ($x=\ell$) $P=P_s$ qəbul etmək olar ki, bu zaman son təzyiq (P_s) atmosfer təzyiqinə bərabər ola bilər. Qeyd olunanları nəzərə alsaq, (3) bərabərliyi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$(1 + \alpha P_s)^{\frac{m-1}{m}} = -\frac{m-1}{m} \cdot \alpha \cdot \ell \cdot B + (1 + \alpha P_0)^{\frac{m-1}{m}} \quad (4)$$

(3) və (4) ikihədlilərini Binom qaydası ilə sıraya ayırısaq və α -nın ikinci tərtibdə yuxarı həddlərini nəzərə almasaq onda:

$$(1 + \alpha P_s)^{\frac{m-1}{m}} \approx 1 + \frac{m-1}{m} \cdot \alpha \cdot P_s - \frac{m-1}{m} \cdot \frac{1}{m} \cdot \alpha^2 P_s^2$$

$$(1 + \alpha P_0)^{\frac{m-1}{m}} \approx 1 + \frac{m-1}{m} \cdot \alpha \cdot P_0 - \frac{m-1}{m} \cdot \frac{1}{m} \cdot \alpha^2 P_0^2$$

Sadə çevrilmələrdən sonra B -ni tapmaq üçün aşağıdakı bərabərliyi yazmaq mümkündür:

$$B = \frac{P_0 - P_s}{2} - \frac{\alpha}{2m\ell} (P_0^2 - P_s^2)$$

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə almaqla maye axınının həm laminar, həm də turbulent rejimlərində sərfən qiymətini aşağıdakı ifadədən tapmaq olar:

$$Q = Q_0 \left[1 - \frac{\alpha(P_0 + P_s)}{2m} \right]^{\frac{1}{2-m}} \quad (5)$$

Burada:

$$Q_0 = \frac{\pi D^{\frac{5-m}{2-m}} [(P_0 - P_s)/2]^{\frac{1}{2-m}}}{\rho \frac{A}{2} \left(\frac{4}{\pi} \right)^{2-m} v_0^m}$$

Q_0 - kinematik özlülüynün (v_0) sabit qiymətində mayenin sərfidir.

Yuxarıda şərh olunan tədqiqatlara əsasən mühitin sıxılmasının dəyişmələrini (α) nəzərə almaqla, axının müxtəlif rejimləri üçün sərfən artma tempini (Q/Q_0) qiymətləndirmək olar. Tədqiqatların nəticələri göstərmişdir ki, qazla doymuş mühitin sıxılmasını orta hesabla $\alpha \approx -10^{-7} Pa^{-1}$ qəbul etmək olar [7].

(5) ifadəsinə əsasən axının laminar ($m=1$) və turbulent ($m=0,25$) rejimlərində sərfən qiymətinin hesablanması üçün uyğun olaraq aşağıdakı ifadələri yazmaq olar:

$$Q_{lam} = Q_0^{lam} \left[1 - \frac{\alpha(P_0 + P_s)}{2} \right] \quad (6)$$

$$Q_{tur} = Q_0^{tur} \left[1 - \frac{4\alpha(P_0 + P_s)}{2} \right]^{\frac{4}{7}} \quad (7)$$

Multifazalı qarışıqlarda təzyiqin sərfə təsirini qiymətləndirmək məqsədi ilə sonuncu ifadələrə əsasən müxtəlif hallar üçün qiymətləndirmə və hesablamalar aparmaqla axının la-

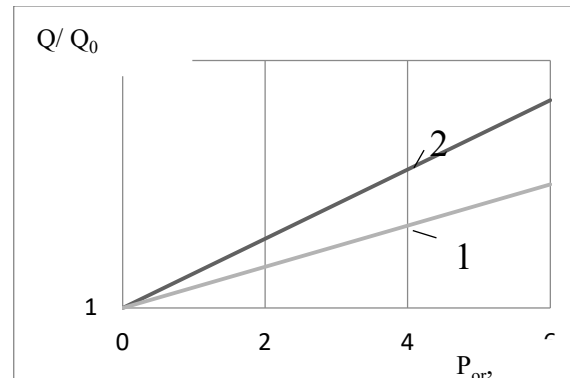
minar və turbulent rejimlərində sərfən artma tempinin qiymətləndirilməsi üçün yekun ifadəni aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$Q_{lam}/Q_0^{lam} = 1 - \alpha P_{or} \quad (8)$$

$$Q_{tur}/Q_0^{tur} = (1 - 4\alpha P_{or})^{\frac{4}{7}} \quad (9)$$

Burada: $P_{or} = (P_0 + P_s)/2$ - orta təzyiqdir.

Sonuncu (8) və (9) ifadələrinə əsasən orta təzyiqin müxtəlif qiymətlərində hesablamalar aparılmış və həm laminar, həm də turbulent (hamar sürtünmə zonası) hərəkət rejimləri üçün sərfən necə dəyişməsi müəyyənləşdirilmişdir. Təzyiqdən asılı olaraq müxtəlif rejimlərdə sərfənin nisbətinin necə dəyişməsi şəkil 2-də göstərilmişdir.



1 və 2 uyğun olaraq laminar və turbulent axınlar üçün

Şəkil 2 – Axının müxtəlif rejimlərində təzyiqin sərfə təsiri

Figure 2 – Impact of pressure on flow rate at different flow regimes

Şəkil 2-dən göründüyü kimi, həm turbulent, həm də laminar axın rejimlərində təzyiqin mayenin sərfinə təsiri kifayət qədər böyükdür. Məsələn orta təzyiqin (P_{or}) qiymətindən asılı olaraq, real boru kəmərlərində qarışığın sərfənin 60%-ə qədər artması mümkündür.

Nəticə

Beləliklə, müəyyən edilmişdir ki, multifazlı boru kəmərinə təzyiqin səviyyəsinin kəmərin buraxma qabiliyyətinə (qarışıqın sərfinə) təsiri əhəmiyyətli dərəcədədir. Müəyyən edilmişdir ki, istər laminar, istərsə də turbulent

axınlarda boru kəmərinə olan orta təzyiqdən asılı olaraq multifazlı qarışıqın sərfi xeyli dəyişə bilər. Belə ki, real boru kəmərləri üçün təzyiqin artması ilə qarışıqın sərfinin 50 – 60 %-ə qədər çoxalması mümkündür.

REFERENCES

1. **Aliyev R.A., Belousov V.D. i dr.** Truboprovodnyj transprot nefti i gaza. M.: Nedra, 1988, 368s. (in Russia)
2. **Lutoshkin G.S.** Sbor i podgotovka nefti, gaza i vody. M.: Nedra, 1983, 224s. (in Russia)
3. **Mamaev V.A., Odishariya G.E., Klapchuk O.V. i dr.** Dvizhenie gazozhidkostnyh smesey v trubah. M.: Nedra, 1978, 272 s. (in Russia)
4. **Mamedzade A.M., Mamedzade R.V., Melikov G.H., Salavatov T.Sh.** Ob effekte zarodyshe obrazovanie v geterogennyh sredah i primeneniye ego v nefteoborabotke // *Neftqazçıxarma proseslərinin optimallaşdırılması. Elmi əsərlər toplusu*. Bakı, 1987, s.11-17. (in Russia)
5. **Sattarov R.M., Farzane P.Ya.** Issledovanie dvizheniya gazozhidkostnyh sistem s uchetom obrazovaniya mikrozarodyshej // *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal*. 1987, №5, s. 765-771. (in Russia)
6. **Lejbenzon L.S.** Sobranie trudov. SSRİ Elmlər Akademiyasının nəşri. 1955. (in Russia)
7. **Mirzadzhanzade A.H., Maksudov F.G., Nigmatulin R.I. i dr.** Teoriya i praktika primeneniya neravnovesnyh sistem v neftegazodobyche. Bakı: Elm, 1985. (in Russia)
8. **Mirələmov H.F., İskəndərov E.X.** Enerjiyə qənaətli texnologiyaların tətbiqi ilə qaz nəzarət-ölçü sisteminin təkmilləşdirilməsi haqqında // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri*, 2017, Cild 9, № 4, s. 50-54. (in Azeri)

Redaksiyaya daxil olub: 30.03.2020
Tamamlama işlərindən sonra: 12.06.2021
Nəşrə qəbul edilib: 18.06.2021