

UOT: 622.276

SOYUDUCU QURGUDA İSTİLİKÖTÜRMƏ PROSESİN MODELLƏŞMƏSİ ƏSASINDA YEKUN TEMPERATURUN PAYLANMASININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

İ.Ə. HƏBİBOV*, R.S. NƏCƏFQULİYEVA*

Məqalədə dəniz yataqlarında hasil olunan qazın sahilə ötürülməsində, eləcə də istismar quyularında hasilatın səviyyəsinin saxlanması məqsədilə istifadə olunan kompressorlarda işçi agentin (səmt qazı) sıxılması nəticəsində temperaturun yüksəlməsini nəzərə alaraq yeni quruluşlu soyuducu qurğu təklif edilmiş və qurğuda istilik mübadilə prosesinin modelləşməsi, çıxış temperaturların (soyuducu su və soyudulan qaz) qiymətləndirilməsinə imkan verən riyazi modellər verilmişdir.

Açar sözlər. qaz mühərrik kompressorları, kompressor stansiyaları, istilik mübadilə edicisi, soyuducu, dəniz suyu, sıxılmış və qızmış qaz, istilik daşıyıcıları.

Mövzunun aktuallığı. Neftqaz və qaz kondensat yataqlarının işlənməsində və yenidən qurulmasında neft sektorunun qarşısında duran əsas məsələlər sırasında “qazın hasilatı, yığılması, hazırlanması və nəqli” sistemində yüksək keyfiyyətli neft-mədən avadanlıqlarının təmini və onların mükəmməl yerləşdirilməsidir [1]. Hazırda Azərbaycan Respublikasında hasil olunan qazın əsas həcmi dəniz yataqlarında formalaşır və onun bir hissəsi sahilə ötürülür, digər hissəsi isə istismar quyularında hasilatın səviyyəsinin saxlanması məqsədilə tətbiq olunan qazlift istismar üsulunun ehtiyaclarını ödəmək üçün istifadə edilir. Bu məqsədlə tələb olunan təzyiç çoxpilləli kompressorlar (iki və üç pilləli) vasitəsi ilə yaradılır [2, 3, 4].

Azərbaycan şəraitində hasil olunan qazın nəqli üçün istifadə olunan kompressor stansiyalarında (KS) təzyiçin tənzimlənməsində əsasən qaz mühərrik kompressorlarından (QMK) istifadə olunur. Burada qaz QMK-nun 1-ci pilləsində $P_{\text{six}} = 0,45 \dots 0,5$ MPa yüksəldilərək $P_{\text{six}} = 1,8 \dots 2,0$ MPa qədər çatdırılır. Bu zaman sıxılan qazda temperatur göstəricisi $T = 115 \div 118^\circ\text{C}$ qədər yüksəlir. Məhsulun sonrakı istifadəsi üçün, onu QMK-nun 2-ci pilləsinin girişinə ötürməzdən əvvəl temperaturun $T = 35 \div 38^\circ\text{C}$ qədər soyudulması vacibdir. Bu məqsədlə KS-da soyuducu sistem nəzərdə tutulur.

* Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Sistemin əsas elementi soyuduculardır və hazırda neft-kimya, neft-qaz emalı və neftqaz çıxarma sənaye sahələrindəki KS-da boru-futlyar tipli soyuduculardan istifadə olunur [5, 6].

Hazırda SOCAR-ın KS-da əsasən futlyar boruly soyuduculardan istifadə olunur. Onlar bir sıra müsbət keyfiyyətlərə (yük-sək istilik vermə əmsalı, aşağı və yuxarı təzyiqlər rejimində iş görmə qabiliyyətinə görə, konstruksiyanın sadəliyi və servisi)

fərqlənsələr də, irihəcmli və metal tutumlu olmaları, istismar prosesində yüksək səs-küylüyü və titrəmələr yaratdıqlarına görə, eləcə də təmir prosesinin çətinliyi səbəbindən müəyyən məhdudiyətlərlə tətbiq olunurlar [7, 8].

Məqalə təklif olunmuş yeni quruluşlu soyuducuda [9] (bax şək.) istilikötürmə prosesinin modelləşməsi əsasında yekun temperaturun paylanması qiymətləndirilməsinə həsr olunmuşdur.

Sxemdən görüldüyü kimi soyuducu agent (dəniz suyu) birinci borunun girişindən (A) qurğuya daxil olaraq ikinci borunun sferik dibinə tərəf istiqamətlənir. Sonradan birinci və ikinci boruların arasındakı boşluğu dolduraraq ikinci və üçüncü borular arasında hərəkət edən qızmış qazı soyudaraq (B) çıxışından qurğudan kənarlaşdırılaraq yenidən soyutma sistemə göndərilir. Bu zaman (C) girişindən qurğuya ötürülən qızmış qaz soyudulduqdan sonra (D) çıxışından kompressorun 2-ci pilləsinə ötürülür.

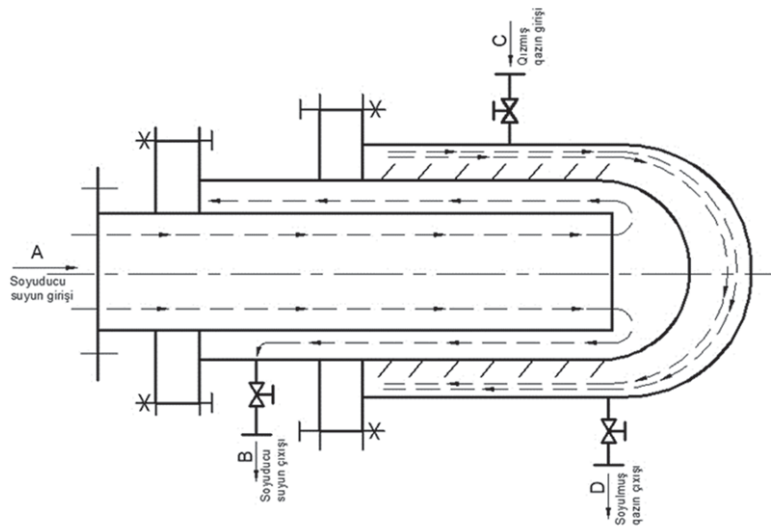
Soyuducu qurğunun etibarlı iş rejimi prosesdə iştirak edən hər iki agentin son temperaturlarının verilən şərtlər daxilində təminindən asılıdır.

Tədqiqatın məqsədi. Tədqiqat işində təklif olunan soyuducu qurğuda istilik mübadilə prosesinin modelləşməsi və sonda temperaturların (soyuducu suda və soyudulan qazda) qiymətləndirilməsinə imkan verən riyazi modellərin alınması məsələsi qoyulmuşdur.

Məsələnin həlli. Şək.1-dən görüldüyü kimi istilik mübadiləsində iştirak edən hər iki agent: dəniz suyu və qaz, qurğunun daxilində hərəkət etdikləri zaman silindrik və sferik konstruksiyaya malik metal səthlər boyunca hərəkət edirlər və mübadilə prosesində, eləcə də onun riyazi modelinin işlənməsində onların birgə təsirinin nəzərə alınması vacibdir.

İstilik mübadiləsi qurğusunda hər iki agent üçün istiliyin yayılmasında istilikkeçirmənin rolunun çox kiçik olmasını və istiliyin başlıca olaraq konvektiv köçürmə yolu ilə yayılmasını qəbul edək. Onda qurğunun silindrik zonasında borular arasında istilik mübadiləsini nəzərə almaqla istiliyin yayılması prosesinin riyazi modelini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar [10]:

qurğunun silindrik zonasında hərəkət edən soyuducu agent (dəniz suyu) üçün



Şək. Yeni quruluşlu soyuducunun funksional sxemi

$$C_w \cdot \rho_w \cdot \frac{\delta T_w}{\delta t} = -v_w \cdot C_w \cdot \rho_w \cdot \frac{\partial T_w}{\partial x} + \alpha (T_g - T_w) \quad (1)$$

Soyudulan agent (sıxılmış qaz) üçün

$$C_g \cdot \rho_g \cdot \frac{\partial T_g}{\partial t} = -v_g \cdot C_g \cdot \rho_g \cdot \frac{\partial T_g}{\partial x} - \alpha (T_g - T_w). \quad (2)$$

Burada C_w və C_g uyğun olaraq soyuducu suyun və qazın istilik tutumudurlar;

ρ_w və ρ_g uyğun olaraq soyuducu suyun və qazın sıxlığıdır;

T_w və T_g uyğun olaraq soyuducu suyun və qazın temperaturudurlar .

(1), (2) tənliklər sistemi üçün

$$T_w(x, 0) = \gamma_w(x), \quad (3)$$

$$T_g(x, 0) = \gamma_g(x) \quad (4)$$

başlanğıc şərtlərinin verildiyini fərz edək. Soyudulan agentin qurğuya daxil olduğu hissədə temperaturu məlum olduğu üçün (2) tənliyi üçün sərhəd şərtini

$$T_g(0, t) = f_g(t) \quad (5)$$

şəklində yazmaq olar.

(1) tənliyi üçün sərhəd şərti, şəkl.1-dən göründüyü kimi, qurğunun sferik konstruksiyanın başlanğıcında verilməlidir. Bu sərhəd şərtini almaq üçün sferik konstruksiyanın yerləşdiyi hissə üçün istilik balans tənliyini yazaq

$$\pi R^2 v_w \cdot C_w \cdot \rho_w \cdot (T_w(0, t) - T_w^0(t)) = 2\pi r 2R\alpha (T_g(l, t) - T_w(0, t)).$$

Buradan soyuducu agentin hərəkət etdiyi silindrik borunun başlanğıcındakı sərhəd şərtini almaq olar

$$T_w(0, t) = \frac{4r\alpha T_g(l, t) + Rv_w \cdot C_w \cdot \rho_w T_w^0(t)}{Rv_w \cdot C_w \cdot \rho_w + 4r\alpha} \quad (6)$$

Burada $T_w^0(t)$ – soyuducu agentin qurğuya daxil olduğu hissədəki temperaturudur.

Beləliklə, məsələ (1), (2) tənliklər sistemini, (3), (4) başlanğıc və (5), (6) sərhəd şərtlərini ödəyən $T_w(x, t)$ və $T_g(x, t)$ funksiyalarının tapılmasından ibarət olur. Lakin qoyulan məsələnin ümumi halda analitik həllini qurmaq mümkün olmadığından ədədi həll üsullarından istifadə edilməsi zərurəti yaranır.

(1)–(6) məsələsinin ədədi həllini tapmaq üçün sonlu-fərqlər üsulundan istifadə edək [11, 12]. Bu məqsədlə $\{0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T\}$ oblastında

$$\bar{\omega}_{h\tau} = \{(x_i, t_j): x_i = ih, t_j = j\tau, i = 0, 1, 2, \dots, n, j = 0, 1, 2, \dots, m\}$$

şəbəkəsini daxil edək.

Burada $h = l/n$, $\tau = T/m$ – uyğun olaraq x və t dəyişənlərinə görə şəbəkə addımlarıdır. Daxil edilmiş $\bar{\omega}_{h\tau}$ şəbəkəsində (1)-(6) məsələsinin sonlu-fərq analoquunu aşağıdakı şəkildə yazaq

$$C_w \cdot \rho_w \frac{T_{wi}^j - T_{wi}^{j-1}}{\tau} = -v_w \cdot C_w \cdot \rho_w \frac{T_{wi}^j - T_{wi+1}^j}{h} + \alpha (T_{wi}^{j-1} - T_{wi}^j) \quad (7)$$

$$C_g \cdot \rho_g \cdot \frac{T_{gi}^j - T_{gi}^{j-1}}{\tau} = -v_g \cdot C_g \cdot \rho_g \frac{T_{gi}^j - T_{gi-1}^j}{\tau} - \alpha (T_{gi}^{j-1} - T_{gi}^j) \quad (8)$$

$$i = \overline{1, n}, j = \overline{0, m},$$

$$T_{wi}^0 = \gamma_{wi}, \quad (9)$$

$$T_{gi}^0 = \gamma_{gi}, \quad (10)$$

$$T_{w0}^j = \frac{4r\alpha T_{gn}^{j-1} + Rv_w \cdot C_w \cdot \rho_w T_w^{0j}}{Rv_w \cdot C_w \cdot \rho_w + 4r\alpha}, \quad (11)$$

$$T_{g0}^j = f_g^j. \quad (12)$$

Göründüyü kimi, (1)–(6) diferensial məsələsinin diskret analoqu (7)–(12) xətti cəbri tənliklər sistemindən ibarətdir. Bu sistemin dəyişənləri isə axtarılan $T_w(x, t)$ və $T_g(x, t)$ funksiyalarının $\bar{\omega}_{ht}$ şəbəkəsinin düyün nöqtələrindəki təqribi $T_{w_i}^j$ və $T_{g_i}^j$ qiymətlərindən ibarətdir. Alınmış bu sistemdən $T_{w_i}^j$ və $T_{g_i}^j$ dəyişənlərinin qiymətlərini aşağıdakı aşkar düsturlarla tapıla bilər

$$T_{w_i}^j = \frac{h \cdot C_w \cdot \rho_w}{h \cdot C_w \cdot \rho_w + \tau \cdot \vartheta_w \cdot C_w \cdot \rho_w} \cdot T_{w_i}^{j-1} + \frac{\tau \cdot \vartheta_w \cdot C_w \cdot \rho_w}{h \cdot C_w \cdot \rho_w + \tau \cdot \vartheta_w \cdot C_w \cdot \rho_w} \cdot T_{w_{i-1}}^j + \frac{\alpha \cdot h \cdot \tau}{h \cdot C_w \cdot \rho_w + \tau \cdot \vartheta_w \cdot C_w \cdot \rho_w} (T_{g_i}^{j-1} - T_{w_i}^{j-1}).$$

$$T_{g_i}^j = \frac{h \cdot C_g \cdot \rho_g}{h \cdot C_g \cdot \rho_g + \tau \cdot \vartheta_g \cdot C_g \cdot \rho_g} T_{g_i}^{j-1} + \frac{\tau \cdot \vartheta_g \cdot C_g \cdot \rho_g}{h \cdot C_g \cdot \rho_g + \tau \cdot \vartheta_g \cdot C_g \cdot \rho_g} T_{g_{i-1}}^j + \frac{\alpha \cdot h \cdot \tau}{h \cdot C_g \cdot \rho_g + \tau \cdot \vartheta_g \cdot C_g \cdot \rho_g} \cdot (T_{g_i}^{j-1} - T_{w_i}^{j-1})$$

Təklif edilmiş model əsasında aparılan hesablamalar nəticəsində soyuducu və soyuyan agentlərin temperatur göstəricilərinin qurğunun çıxışındakı və eksperimental ölçmələrlə müəyyən edilmiş eyni adlı parametrlə müqayisəli təhlili cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl

Parametrlərin müqayisəli təhlili

İstilik daşıyıcıları	Soyuducu suyun axın sürəti, m/san.					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Qazın temperaturunun dəyişməsi, °C	<u>59,8*</u> 58,3	<u>53,1</u> 52,6	<u>36,8</u> 35,7	<u>36,1</u> 35,5	<u>35,7</u> 35,3	<u>35,3</u> 35,1
Suyun temperaturunun dəyişməsi, °C	39,2	34,3	27,7	25,3	22,2	22,1

Qeyd: Kəsrin sürətində hesabdan alınan, məxrəcində isə eksperimental müəyyən edilmiş göstəricilərdir.

Nəticə. Beləliklə, alınmış nəticələrin təhlilindən göründüyü kimi soyuducu agentin axın sürətinin dəyişməsi ilkin mərhələdə ($\vartheta = 0,5-1,5$ m/san) soyudulan qazın temperaturunun azalmasına intensiv təsir etdiyi halda, sonrakı sürət hədlərində bu göstərici kiçik intervalda dəyişir. Soyuducu qurğuda istilik mübadilə prosesinin modelləşməsi və sonda temperaturların müəyyənləşdirilməsi məqsədi ilə alınmış riyazi modellər prosesin adekvat qiymətləndirilməsinə imkan yaradır.

REFERENCES

1. **Asadov O.S., Aliev V.İ., Makarov V.V.** Novyj nauchnyj podhod k opredeleniju real noj proizvoditel nosti porshnevnyh kompressorov v sistemah gazlifta i transporta gaza. - M.: «Sputnik +», 2011. – 386 c.
Asadov O.S., Aliev V.İ., Makarov V.V. Новый научный подход к определению реальной производительности поршневых компрессоров в системах газлифта и транспорта газа. - M.: «Спутник +», 2011. - 386с.
2. **Krec V.G.** Mashiny i oborudovanie gazonefteprovodov / V.G. Krec, A.V. Rudachenko, V.A. Shmurygin. - SPb: Lan , 2016. - 376 s.
Крец В.Г. Машины и оборудование газонефтепроводов / В.Г. Крец, А.В. Рудаченко, В.А. Шмурыгин. - СПб: Лань, 2016. - 376 с.
3. **Kantyukov R.A.** Kompresory v tehnologicheskix processah: gazoraspredeletelnye, kompressornye stancii magistralnyh gazoprovodov i avtomobilnye gazonakopitelnye kompressornye stancii: uchebnik. - Kazan : Kazan. nac. issled. tehnolog. un-t, 2014. - 645 s.
Кантюков Р.А. Компрессоры в технологических процессах: газораспределительные, компрессорные станции магистральных газопроводов и автомобильные газонакопительные компрессорные станции: учебник. - Казань: Казан. нац. исслед. технолог. ун-т, 2014. - 645 с.

4. **Seidahmedov N.S.** Prichiny otkazov porshnevnyh kompressorov v sisteme gazliftnoj ekspluatatsii neftyanyh mestorozhdenij. Uchenye zapiski NII «Geotekhnologicheskie problemy nefti, gaza i himii», Baku, 2015, tom VII. S.223-233.
Сеидахмедов Н.С. Причины отказов поршневых компрессоров в системе газлифтной эксплуатации нефтяных месторождений. Ученые записки НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химии», Баку, 2015, том VII. С.223-233.
5. **Kasatkin A.G.** Osnovnye processy i apparaty himicheskoy tehnologii. - M.: Himiya, 2012. - 752s.
Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 2012. - 752с.
6. **Najafkulieva R.S.** Opredelenie konstruktivnyh razmerov novej kozhuho-dvuhkanalnoj holodil noj ustanovki s vintobraznym dvizheniem ohlazhdajushhego gorjachego gaza // Izvestija VTUZ Azerbajjana, №3, 2016, S.89-98.
Наджафгулиева Р.С. Определение конструктивных размеров новой кожухо-двухканальной холодильной установки с винтообразным движением охлаждающегося горячего газа // Известия ВТУЗ Азербайджана, №3, 2016, С.89-98.
7. **Bulygin Y.A., Baranov S.S.** Teploobmennye apparaty v neftegazovoj promyshlennosti: kursovoe proektirovanie. Voronezh: FGBOU VPO «Voronezhskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet», 2015. 100 s.
Булыгин Ю.А., Баранов С.С. Теплообменные аппараты в нефтегазовой промышленности: курсовое проектирование. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. 100 с.
8. **Dytnerckij Y.I.** Osnovnye processy i apparaty. Posobie po proektirovaniju. - M.: Himija, 1983. 380 s.
Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты. Пособие по проектированию. - М.: Химия, 1983. 380 с.
9. **Aliiev V.I., Gabibov I.A., Najafgulieva K.S.** Patent AR.
Алиев В.И., Габиров И.А., Наджафгулиева К.С. Патент АР.
10. **Samarskij A.A., Vabishhevich P.N.** Vychislitel'naya teploperedacha. – M.: Editorial URSS, 2003. 784 s.
Самарский А.А., Вабишевич П.Н. Вычислительная теплопередача. – М.: Едиториал УРСС, 2003. 784 с.
11. **Samarskij A.A.** Teoriya raznostnyh shem. - M.: Nauka, 1989. 616 s.
Самарский А.А. Теория разностных схем. - М.: Наука, 1989. 616 с.
12. **Shahverdiev A.Kh.** Innovacionnyj potencial nestacionarnogo zavodneniya v celyah povysheniya nefteotdachi plastov // Vestnik Azerbajjanskoy inzhenernoj akademii. T.11, №1, 2019. S.32-41.
Шахвердиев А.Х. Инновационный потенциал нестационарного заводнения в целях повышения нефтеотдачи пластов // Вестник Азербайджанской инженерной академии. Т.11, №1, 2019. С.32-41.

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЕЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕПЛООБМЕННИКЕ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

И.А. ГАБИБОВ, Р.С. НАДЖАФГУЛИЕВА

Учитывая повышение температуры при передаче добываемого в морских месторождениях газа на берег, а также в результате сжатия рабочего агента (попутного газа) в компрессорах, используемых с целью поддержания уровня добычи в эксплуатируемых скважинах, в статье предложено холодильное устройство новой конструкции и приведены математические модели, позволяющие оценивать выходные температуры (охлаждающей воды и охлаждаемого газа).

Ключевые слова: газомоторные компрессоры, компрессорные станции, теплообменитель, холодильник, морская вода, сжатый и подогретый газ, теплоносители.

ESTIMATION OF THE FINAL TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE HEAT EXCHANGER BASED ON THE HEAT TRANSFER PROCESS

I.A. HABIBOV, R.S. NAJAFQULIYEVA

Considering the increase in temperature during the transfer of gas produced in offshore fields to the coast, as well as a result of compression of the working agent (associated gas) in compressors used to maintain the level of production in the exploited wells, the article proposed a new design refrigeration device evaluate outlet temperatures (cooling water and cooled gas).

Keywords: gas compressors, compressor stations, heat exchanger, refrigerator, sea water, compressed and heated gas, coolants.
