

Dynamic Viscosity of Gases at Temperature and Pressure

E.R. Hajibalayev

Azerbaijan State Marine Academy (Zarifa Aliyeva st. 18, Baku, AZ1000, Azerbaijan)

For correspondence:

Hajibalayev Elvin / e-mail: ehacibalayev@inbox.ru

Abstract

The following issues are considered in the article: the concept of viscosity in liquids and gases; the effect of pressure and temperature changes on the process. Dependence of viscosity of natural gas on pressure and temperature. Based on laboratory studies, the analysis was performed using the small squares method and an empirical equation was obtained. Determining the error in a given value of the correlation coefficient.

Keywords: gas, viscosity, pressure, temperature, laboratory researches.

DOI 10.52171/2076-0515_2023_15_02_64_68

Accepted 24.02.2022
Received 19.06.2023
Revised 21.06.2023

For citation:

Hajibalayev E.R.

[Dynamic viscosity of gases at temperature and pressure]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2023, vol. 15, no. 2, pp. 64-68 (in Azerbaijani)

Qazların təzyiq və temperaturda dinamik özlülüğü

E.R. Hacıbalayev

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası (Zərifə Əliyeva küç.18, Bakı, AZ1000, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Hacıbalayev Elvin / e-mail: ehacibalayev@inbox.ru

Xülasə

Məqalədə aşağıdakı məsələlərə baxılıb: maye və qazlarda özlülük anlayışı; təzyiq və temperaturun dəyişməsinin prosesə təsiri. Təbii qazın özlülüğünün təzyiq və temperaturdan asılılığı. laboratoriya tədqiqatlarını əsas götürərək, kiçik kvadratlar metodu vasitəsilə analiz aparılmış və empirik tənlik əldə edilmişdir. Korrelyasiya əmsalının verilmiş qiymətində xəta təyin olunmuşdur.

Açar sözlər: qaz, özlülük, təzyiq, temperatur, laboratoriya tədqiqatları.

DOI 10.52171/2076-0515_2023_15_02_64_68

УДК 533.16

Динамическая вязкость газов при давлении и температуре

Э.Р. Гаджибалаев

Азербайджанская государственная морская академия (ул. Зарифы Алиевой, 18, Баку, AZ1000, Азербайджан)

Для переписки:

Гаджибалаев Эльвин / e-mail: ehacibalayev@inbox.ru

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы применительно к понятию вязкости в жидкостях и газах, а также влияние изменения давления и температуры на процесс. Получены зависимости вязкости природного газа от давления и температуры. На основании лабораторных исследований выполнен анализ методом малых квадратов и получено эмпирическое уравнение. Определены погрешности заданного значения коэффициента корреляции.

Ключевые слова: газ, вязкость, давление, температура, лабораторные исследования.

Giriş

Özlülük təbii qaza və mayeyə xarakterik olan amillərdən biridir. Özlülük maye və qazların layda, nasos və kompressor boru-kəmərlərində nəql edilməsində, süxurların məsamələrində hərəkəti zamanı xüsusi əhəmiyyətli olan parametrlərdən biridir. Özlülük, yaxud qazlarda yaranan daxili sür-tünmə qüvvəsi molekulaların hərəkəti zamanı bir-birinə müqavimət göstərməsindən meydana çıxan parametrdir.

Ədəbiyyatda qazların bu xassələri göstərilmişdir. Lakin bildiyimiz kimi layda qazın təzyiqi və temperaturu böyük olur. Ona görə də bir çox parametrlərin təzyiqi və temperaturdan asılılığı praktikada özünü göstərir.

Laboratoriya tədqiqatları göstərir ki, bir çox hallarda təzyiq və temperaturun dəyişməsi, bir çox parametrlərin dəyişməsi həm prosesə, həm də texniki hesabatlara təsir göstərir. Bu hesabatlara əsasən qazın sərfi, təzyiqlər fərqi kəskin dəyişir [1-3].

Aparılan hesabatlar göstərir ki, özlülüyn təzyiq və temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi qaza, dinamik proseslərə təsir göstərir. Hesabatı asanlaşdırmaq məqsədi ilə gətirilmiş təzyiq və gətirilmiş temperatur anlayışından istifadə edilmişdir.

İşin məqsədi

Ədəbiyyatda külli miqdarda laborato-riya tədqiqatları var. Bu məlumatları toplayıb, riyazi üsullarla analiz edib, təbii qazın dinamik özlülüynün temperatur və təzyiqdən asılılığı verilmişdir. Mayələrdə olduğu kimi, qazlarda da özlülük anlayışına malikdirlər. Fərz edək ki, bir-birindən müəyyən məsafədə yerləşən iki müstəvi lövhələrin arasında qaz yerləşir. Qəbul edək ki, çox böyük olmayan qüvvənin təsiri altında

lövhlərin biri hərəkət edir. Bu zaman lövhələr müəyyən sürətdə hərəkət edir. Lövhəyə toxunan qaz qatı başqa sürət ilə hərəkət edir.

Qaz təbəqələri arasında molekulaların xaotik hərəkəti və qarşılıqlı cazibə qüvvəsinin təsiri ilə yaranan daxili sürtünmə nəticəsində üst təbəqə ilə birlikdə hərəkətə qoşulur. Lakin təbəqələr arasında sürətlər arası fərq yaranır, yəni alt təbəqə üst təbəqənin hərəkətini dayandıрмаğa cəhd edir. Bunun nəticəsində üst təbəqənin sürəti alt təbəqənin sürətindən çox olur.

Belə təbəqələr arasında laminar hərəkət yaranır. Göstərilən hərəkət zamanı əks istiqamətə yönəlmiş sürtünmə qüvvəsi nəticəsində hərəkət edən lövhədən uzaqlaşdıqca qaz molekulalarının sürəti azalır və tərpənməz lövhədə olan qazın sürəti sıfır olur.

Məsələnin qoyuluşu

Qaz dairəvi boruda axarkən laminar rejimdə hərəkət edən qaz molekulaların en kəsik boyunca radiusdan asılı olaraq sürətin paylanması parabolik qanunla verilir. Göstərilən halda boru divarında toxunan qaz molekulalarının sürəti sıfıra bərabər olur, borunun mərkəzində isə sürət maksimum olur.

Bir-birinə çox yaxın olan qaz təbəqələrinin arasında məsafəni (dx) u (dr) işarə etsək, onda təbəqələr arasında sürətin azalmasını (du) ifadə edək. Onda hesabatı sürət qradienti anlayışını daxil etmək olar. Onda göstərmək olar ki, qaz təbəqələrinin hərəkətində sürət qradienti sürüşmə deformasiyasının sürətinə bərabər olur.

Hesabatı aparmaq üçün hər hansı bir nöqtələr arasında qazın həcmi nəzərdən keçirək. Təbəqələrin müxtəlif sürətlə hərəkət etdiyini nəzərə almaqla qazlar həcmi

deformasiyaya uğrayır. Onda kiçik bucaq üçün yazmaq olur ki, $d\varphi = \operatorname{tg}(d\varphi) = \frac{du \cdot dt}{dx}$

Sonuncu tənliyi başqa şəkildə də ifadə etmək olur.

$$d\varphi = \operatorname{tg}(d\varphi) = \frac{du \cdot dt}{dr} \quad (1)$$

Tənliyi aşağıdakı, kimidə ifadə etmək olar.

$$\frac{du}{dx} = \frac{d\varphi}{dt} \text{ və ya } \frac{du}{dr} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (2)$$

Qeyd etmək olar ki, Nyuton qanununa görə, qaz molekullarının hərəkət zamanı daxili sürtünmə qüvvəsi bu qüvvənin tətbiq olunduğu təbəqələrin sahəsi və təbəqələr arasındakı sürət qradientinin modulu ilə düz mütənasibdir.

$$F = \pm \mu S \frac{du}{dx} \text{ və ya } F = \pm \mu S \frac{du}{dr} \quad (3)$$

Burada μ -mütənasiblik əmsalı olub, qazın dinamik özlülüüyü adlanır.

Sonuncu tənlikdən qazın dinamik özlülüüyü tapmaq olur. Nyuton qanununa tabe olan qazlar üçün özlülük invariant xassəsi sayılır. Özlülüüyün tərs qiyməti isə axıcılıq adlanır. Bu özü xarici qüvvələrin təsiri altında qazın axma qabiliyyətini xarakterizə edir.

Məsələnin həlli

Qazların özlülüüyü temperaturdan aslı olaraq dəyişir. Lakin qazın dinamik özlülüüyünün həm temperaturdan, həm də təzyiqdən asılılığını ifadə edən düstur yoxdur. Baxılan işdə aparılan təcrübələr əsasında verilmiş materiala əsasən özlülüüyün təzyiq və temperaturdan asılılığını göstərməkdədir [1-5].

İndiki zamanda qazların dinamik özlülüüyünün təyin etmək üçün xüsusi nəzəriyyə yoxdur. Ona görə də nəzəri hesabat nəticəsində özlülüüyü təzyiq və temperaturdan asılılığı yoxdur. Bunu nəzərə alaraq laboratoriya tədqiqatlarına müraciət edilir. Xarici ədəbiyyatda korrelyasiya metodu kimi təbii qazın temperaturdan asılılığı verilmişdir. Lakin burda laboratoriya tədqiqatları yalnız atmosfer təzyiqində aparılmışdır [1].

Digər metodlarla yanaşı [3-5] ədəbiyyatda külli miqdarda laboratoriya tədqiqatlarını verilmişdir. Bu laboratoriya tədqiqatlarını əsas götürərək, kiçik kvadratlar metodu vasitəsi ilə analiz aparılmış və aşağıdakı empirik tənlik alınmışdır.

$$\begin{aligned} \frac{M_{p,T}}{M_o} = & (1,85 \cdot p_g - 0,29 \cdot P_g^2 + 1,51) \left(\frac{1}{T_g}\right)^8 + \\ & (1,81 P_g - 0,02 \cdot P_g^2 + 1,82) \left(\frac{1}{T_g}\right)^4 + \\ & (0,01 \cdot P_g^2 - 0,17 \cdot P_g + 1,49) \end{aligned} \quad (4)$$

Burada $M_{p,T}$ – gətirilmiş təzyiq və temperaturda təbii qazın dinamik özlülüüyü; M_o – atmosfer şəraitində, yəni normal təzyiq və temperaturda qazın dinamik özlülüüyü; P_g – gətirilmiş təzyiq; T_g – gətirilmiş temperatur.

Burda gətirilmiş temperatur və təzyiq aşağıdakı tənliklərdə tapılır.

$$P_g = \frac{P}{P_b} T_g = \frac{T}{T_g} \quad (5)$$

Burda P_b və T_b - verilmiş qazın böhran təzyiqi və temperaturdur.

Aparılan analiz zamanı müxtəlif tərkibli qazların dinamik özlülülükləri nəzərə alınmışdır [6]. Bunu nəzərə alaraq hesabatda təbii qazın mol tərkibində qəbul olunmuşdur.

$$P_b = \sum_{i=1}^n y_i p_{b,i} \text{ və } T_b = \sum_{i=1}^n y_i T_{b,i} \quad (6)$$

Burada $p_{b,i}T_{b,i}$ - ayrı-ayrı komponentlərin böhran təzyiq və y_i - qarışığın mol komponentidir.

Aparılan hesablar göstərir ki, verilmiş metod əsasında hesabatlarda xəttə korrelyasiya əmsalının 0,9 qiymətində 3-5 % təşkil edir.

Nəticə

Müxtəlifin tədqiqatları əsasında laboratoriya nəticələri analiz olunmuşdur.

Verilmiş laboratoriya tədqiqatları əsasında hesabat metodu təklif olunur.

Maraqlar münaqişəsi

Müəllif bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edir.

REFERENCES

1. Carr N.Z., Kobayash R., Burrows D.B. *Trans A.I.M.E.* 1984, pp. 201-264. (in English)
2. Lee A.L., Consaler M.H., Eakin B.E. *Journal. Petrol. Teach*, no. 8, 1966, 997 p. (in English)
3. Natural gas production, transport and processing guide. Under the direction of J.M. Korotayeva, 2005, 365 p. (in Russian)
4. Amix D., Base D., Whiting R. Oil reservoir physics. *State Scientific and Technical Publishing House of Oil and Mining and Fuel Literature*. 1962, 402 p. (in English)
5. Oilfield development handbook. Part II. Izhevsk, 2015, 278 p. (in Russian)
6. <http://www.ama.com.az/wp-content/uploads/2022/01/Volume13-N4-2021.pdf>