



BDU
1919

BAKİ UNİVERSİTETİNİN
XƏVƏRLƏRİ
ВЕСТНИК **NEWS**
БАКИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА OF BAKU UNIVERSITY

FİZİKA-RİYAZİYYAT
elmləri seriyası

серия
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

series of
PHYSICO-MATHEMATICAL SCIENCES

1
2018

UOT 539.2-18

**QAZ QABARCIQLARININ YARANMA DİNAMİKASININ
HİDROZƏRBƏ DALĞALARININ YAYILMASINA TƏSİRİ****Q.M.PƏNAHOV, P.T.MÜSEYİBLİ**
AMEA, Riyaziyyat və Mexanika İnstitutu
pervizmuseyibli@gmail.com

Təqdim olunan işdə qaz-maye qarışıqlarının nəqli zamanı yaranan dalğaların yayılması və qaz qabarcıqlarının hidrozərbə proseslərinə baxılmışdır. Mayenin hərəkət və kəsilməzlik tənliklərinin riyazi ifadələrini nəzərə almaqla dalğanın amplitudasını xarakterizə edən tənlik tapılmışdır. Termobarik şəraitdə tənliyi radiusun müxtəlif qiymətlərində həll etməklə, dalğanın yayılma sahəsi təyin edilmiş və dalğa amplitudasının qabarcığın radiusundan asılı olaraq dəyişməsi üçün uyğun qiymətlər alınmışdır.

Açar sözlər: heterogen sistemlər, qaz-maye qarışıqları, hidrozərbə, dalğaların yayılması, dalğa amplitudası

Təbiətdə rast gəlinən bir çox maye sistemləri heterogen xüsusiyyətlərlə seçilir. Kimya və neftçixarma sənaye sahələrində istifadə olunan neft, qaz və digər qarışıqlar bu qəbildəndir.

Neft-qaz borularında qaz, asfalten-qətran-parfin və s. ayrılımları karbohidrogenlərin nəqlində bəzi çətinliklərə, o cümlədən ağır komponentlərin yığılmalarına, qaz ayrılımlarına, yüksəktəzyiqli qaz kəmərləri ilə qaz nəqlində yüksəkmolekullu hissəciklərin ayrılmasına, döyüntülü hidrozərbə dalğalarının yaranmasına və s. gətirir. Əmələ gələn bu fəsadlar isə öz növbəsində kəmərlərdə qəzaların yaranmasına və karbohidrogen itkilərinə gətirib çıxardır.

Odur ki, bu istiqamətdə, karbohidrogenlərin boru kəmərləri ilə nəqli zamanı müxtəlif axın rejimlərində əmələ gələn dalğaların yayılmasını və onların yaratdığı fəsadların tədqiq edilməsi vacib məsələlərdəndir.

Neftçixarmada, sualtı akustikada və s. mühüm tətbiqlərə malik qabarcıqlı mayelərdə dalğaların yayılması qabarcıqlar arasındakı qarşılıqlı təsirə əsaslanan kompleks hadisədir. Mayenin boru kəmərləri ilə nəqli zamanı axın rejimlərinin, boru kəmərlərinin həndəsi formasının və s. dalğaların yaranması və yayılmasına təsiri məsələləri bir çox müəlliflər tərəfindən öyrənilmiş, müəyyən nəticələr əldə edilmişdir [1,2,3,4]. [5] işində müəlliflər qarışıqlarda hidrozərbə dalğalarını kiçik təzyiqlər nəticəsində meydana gələn zərbələrdən yaranan relaksasiyalı rəqslərlə xarakterizə etmişdir.

Bir çox müəlliflər qabarcıqlı qarışıqlarda relaksasiyalı zərbələrin olmasını təcrübi [6,8] və nəzəri tədqiqatlarında [7,9] öyrənmişlər.

[1,2] işlərində müəlliflər analitik tədqiqatlarında qabarcıqların səthi boyu istiliyin ötürülməsinin relaksasiyalı rəqslərin amplitudasına və eyni zamanda qabarcıqlar arasındakı qarşılıqlı təsirlərdə zərbə nəticəsində yaranan rəqslərin perioduna təsir edildiyini göstərmişlər.

[3] işində hidrozərbə dalğalarının yayılmasında boruların hündəsi formasının təsiri öyrənilmişdir. Burada dairəvi və dairəvi olmayan en kəsikli borularda yaranan dalğaların amplitudası tədqiq edilmiş və borunun en kəsik sahəsinin hündəsi formasından asılı olaraq dalğa amplitudasının dəyişməsi müəyyən edilmişdir.

[4] işində müəlliflər qabarcıq klasterlərinin hidrozərbə dalğalarının yayılmasına təsiri öyrənilmişdir. Onlar tədqiqatlarında zərbə profilinin uzunluğunun həm klasterlərin reaksiyası ilə əlaqəli və həm də qabarcıqların klasterlərinin ölçüsündən asılı olduğunu müəyyənləşdirmişlər.

Bundan əlavə, maye-qaz qarışıqlarından ibarət sistemdə qaz qabarcıqlarının yaranması və genişlənməsi, qaz ayrılmalari müxtəlif axın rejimlərində əmələ gələn dalğaların yayılma sahəsinə (amplitudaya) bilavasitə təsirləri mövcuddur. Bu səbəbdən də işdə fərqli olaraq, qaz qabarcıqlarının genişlənməsinin dalğaların amplitudasına təsiri nəzəri cəhətdən araşdırılmışdır.

Qabarcıqlı mayədə dalğa tənliyi. Kiçik konsentrasiyalı qaz qabarcıqlı mayədə dalğa tənliyi kəsilməzlik və moment tənliklərindən tapılır və aşağıdakı kimi yazılır [11]:

$$\frac{1}{\bar{\rho}c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} + \nabla \vec{u} = \frac{d\alpha_{qaz}}{dt} \quad (1)$$

$$\bar{\rho} \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \nabla p = 0 \quad (2)$$

Burada: $\bar{\rho}$ – qabarcıqlı qarışığın sıxlığı, R_q – qabarcıqların radiusu, N_q – qabarcıqların sayı, c – səs sürətidir.

Yuxarıdakı tənliklərə əsasən dalğa tənliyini aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\frac{1}{\bar{\rho}c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \frac{1}{\bar{\rho}} \nabla^2 p = \frac{d\alpha_{qaz}}{dt} \quad (3)$$

Mühitdəki qabarcıqların bircins olduğunu fərz etsək, onda qabarcıqlı maye qarışığının sıxlığı belə ifadə edilir [12]:

$$\bar{\rho} = \alpha_m \rho_m + \alpha_{qaz} \rho_{qaz} \approx \rho_m (1 - \alpha_{qaz}) \quad (4)$$

Burada ρ_m , ρ_{qaz} uyğun olaraq mayenin və qazın sıxlığı, α_m , α_{qaz} qarışıqdakı maye və qazın həcmidir.

Mühitdə qabarcıqların radiusunun genişlənməsini nəzərə almaqla qazın həcmnin dəyişməsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$\alpha_{qaz} = \frac{4}{3} \pi R_q^3 N_q \quad (5)$$

Mühitdə vahid həcmə düşən kütlənin zamandan asılı olaraq dəyişmədiyini fərz etsək, alarıq [12]:

$$\frac{\bar{p}}{N_q} = \frac{\bar{p}_0}{N_{q0}} \quad (6)$$

“0” indeksi tarazlıq vəziyyətini ifadə edir. (4) və (6) ifadələrindən istifadə edərək, N_q və N_{q0} , α_{qaz} və $\alpha_{q,0}$ arasında aşağıdakı əlaqəni tapa bilərik:

$$\alpha_{qaz} = \frac{\alpha_{q,0} \left(\frac{R_q}{R_0}\right)^3}{\left\{1 - \alpha_{q,0} \left[1 - \left(\frac{R_q}{R_0}\right)^3\right]\right\}} \quad (7)$$

$$N_q = \frac{N_{q,0}}{\left\{1 - \alpha_{q,0} \left[1 - \left(\frac{R_q}{R_0}\right)^3\right]\right\}} \quad (8)$$

(7) və (8) tənliklərindən istifadə edərək, bəzi dəyişikliklər aparmaqla dalğa tənliyi üçün alarıq:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \nabla^2 p = \bar{\rho} 4\pi R_q N_q (1 - \alpha_q) \left[R_q \ddot{R}_q + 2(1 - 3\alpha_q) \dot{R}_q^2 \right] \quad (9)$$

Sadə şəkildə bu belə yazıla bilər:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \nabla^2 p = \frac{\bar{\rho} \alpha_q \ddot{V}}{V_q} \quad (10)$$

Qaz qabarcıqlı qarışıqlarda dalğa tənliyi qabarcıqlı qarışıqlarda yaranan təzyiq sahəsinin yalnız bir mənbədən meydana gəldiyini göstərir.

Qabarcıqların yaranma dinamikası. Qarışıqlarda qaz-maye sərhədində kəsilməzlik və moment tənliklərindən qabarcıqların yaranma dinamikası Keller – Miksis tənliyi ilə ifadə edilir [13]:

$$\left(1 - \frac{\dot{R}_q}{C_q}\right) R_q \frac{d\dot{R}_q}{dt} + \frac{3}{2} \dot{R}_q^2 \left(1 - \frac{\dot{R}_q}{C_q}\right) = \frac{1}{\rho_m} \left(1 + \frac{\dot{R}_q}{C_q} + \frac{R_q}{C_q} \frac{d}{dt}\right) (P_{q,d} - P_\infty) \quad (11)$$

Burada: $P_{q,d} = P_q - \frac{2\sigma}{R_q} - \frac{4\mu\dot{R}_q}{R_b}$, $\frac{dR_b}{dt} = u_b$. $P_{q,d}$ – qabarcığın səthində yaranan təzyiq, R_b – qabarcığın radiusunun dəyişməsi, u_b – qabarcığın səthinin dəyişmə sürəti, σ – səthi gərilmə əmsəlidir.

Məsələnin qoyuluşu. İşdə qaz-maye qarışıqları nəql edilən borularda axınlarda yaranan dalğaların yayılması və zərbə proseslərinə baxılmışdır. Mayenin hərəkət və kəsilməzlik tənliklərinin riyazi ifadələri aşağıdakı kimi yazılır:

$$c^2 \frac{\partial M}{\partial x} + f \frac{\partial P}{\partial t} = 0, \quad (12)$$

$$f \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\rho \lambda}{2D} f w |w|. \quad (13)$$

Burada: $c = \sqrt{K/\rho}$, $M = \rho f w$; w – mayenin orta sürəti, ρ – mayenin sıxlığı; K – elastiklik modulu; D – diametr; λ – hidravliki müqavimət əmsəlidir.

Qaz ayrılmalarından yaranan dalğaların amplitudası müəlliflərin [10,14]-də qeyd etdiyi kimi belə ifadə edilir:

$$A = \frac{f(R_0)}{f(R_q)} \frac{1}{1 + \int_{R_0}^{R_q} \xi(R_q) dR_q} \quad (14)$$

Burada $\xi(R_q) = \frac{\lambda \sqrt{\pi} w_0}{8 \sqrt{f(R_q)} c'}$, c' - qaz ayrılmalarında dalğa sürəti olub,

şağıdakı şəkildə təyin edilir:

$$c' = \frac{c p}{\sqrt{\rho^2 c^2 K T M + p^2}} \quad (15)$$

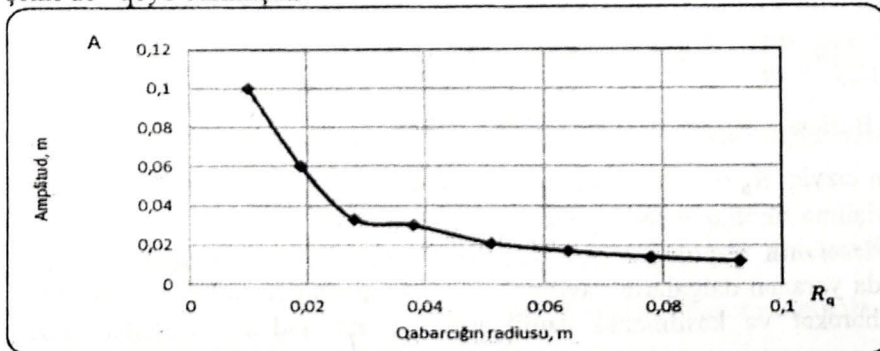
Bütün bu ifadələri (14) tənliyində nəzərə alsaq, onda dalğanın amplitudasını xarakterizə edən tənlik aşağıdakı şəkili alacaqdır:

$$A = \frac{f(R_0)}{f(R_q)} \frac{1}{1 + C \int_{R_0}^{R_q} \frac{1}{\sqrt{f(R_q)}} dR_q} \quad (16)$$

Burada $C = \frac{\lambda \sqrt{\pi} w_0}{8c} \sqrt{1 + \frac{KM}{p}}$ - dir.

Termobarik şəraitdə (16) tənliyi radiusun müxtəlif qiymətlərində həll etməklə, dalğanın yayılma sahəsini təyin etmək olar.

Dalğa amplitudasının qabarcığın radiusundan asılı olaraq dəyişməsi şəkil də qeyd edilmişdir.



Şəkil

Şəkildən də göründüyü kimi radiusun artması ilə dalğa amplitudası azalır, yəni mayədə “sərtləyin” azalması hidrozərbənin azalmasına səbəb olur.

Nəticə. Alınan tədqiqatlardan belə nəticə çıxarmaq olar ki, dalğa amplitudası və bununla əlaqədar borularda yaranan zərbə təsirlərini azaltmaq üçün mayədə qaz qabarcıqlarının müntəzəm genişlənməsi üçün tədbirlərin həyata keçirilməsi vacib şərtlərdəndir.

ƏDƏBİYYAT

1. Samsun Seung and Ho-Young Kwak, Shock Wave Propagation in Bubbly Liquids at Small Gas Volume Fractions // Journal of Mechanical Science and Technology 31 (3) (2017) 1223-1231
2. S. Mahmood and H. Kwak, Pressure Waves in Bubbly Liquids // J. Mech. Sci. Tech., 30 (2016) p.3935-3943.
3. Вервейко Н.Д., Гребенников Д.Ю., Крутов А.В. Влияние геометрии поперечного сечения на распространение волн гидроудара // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений, №: 2, 2006, с. 90-92
4. H. Grandjean, N. Jacques and S. Zaleski, Shock Propagation in Liquids Containing Bubbly Clusters: A Continuum Approach // J. Fluid Mech., 701 (2012) 304-332.
5. L. Noordzij and L. van Wijngaarden, Relaxation Effects, caused by Relative Motion, on Shock Waves in Gas Bubble/ Liquid Mixtures // J. Fluid Mech., 66 (1974) p.115-143.
6. A. E. Beylich and A. Guelhan, On the Structure of Nonlinear Waves in Liquids with Gas Bubbles // Phys. Fluids A, 2 (1990) p.1412-1428.
7. M. Kameda and Y. Matsumoto, Shock Waves in a Liquid Containing Small Gas Bubbles // Phys. Fluids, 8 (1996) p.322-335.
8. M. Kameda, N. Shimaura, F. Higashino and Y. Matsumoto, Shock Waves in a Uniform Bubbly Flow // Phys. Fluids, 10 (1998) p.2661-2668.
9. Y. Matsumoto and M. Kameda, Propagation on Shock Waves in Dilute Bubbly Liquids // JSME Int. J., 39 (1996) p.264-272.
10. Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубопроводах. М., 1981.
11. R. E. Caflisch, M. J. Miksis, G. C. Papanicolaou and L. Ting, Effective Equations for Wave Propagation in Bubbly Liquids // Journal of Fluid Mechanics, 153 (1985) 259-273.
12. R. T. Lahey Jr., R. P. Taleyarkhan, R. L. Nigmatulin and I. S. Akhatov, Sonoluminescence and the Search for Sonofusion // Advances in Heat Transfer, 39 (2006) 1-168.
13. J. B. Keller and M. Miksis, Bubble Oscillations of Large Amplitude // J. Acoust. Soc. Am., 68 (1980) 628-633.
14. Ледовский Г.Н., Самоленков С.В., Кабанов О.В. Эффективность систем защиты оборудования нефтеперекачивающих станций при повышенных волнах давления // Научный журнал «Записки Горного института», 2013, т. 206, с.99-102.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ПУЗЫРЬКОВ ГАЗА НА ПРОЦЕСС РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН ГИДРОУДАРА

Г.М.ПАНАХОВ, П.Т.МУСЕНБЛИ

РЕЗЮМЕ

Рассмотрено распространение волн и процесс гидроудара, возникающего при течении газожидкостной жидкости в трубопроводах. Найдено характеристическое

уравнение для амплитуды волны с учетом уравнений течения и неразрывности. Решая уравнение при различных значениях радиуса пузырька и определенных термобарических условиях, было определено условие распространения волны и определены соответствующие изменение амплитуды волны в зависимости от радиуса пузырька.

Ключевые слова: гетерогенные системы, газожидкостные смеси, гидроудар, распространение волн, амплитуда волны

THE INFLUENCE OF THE GAS BUBBLES FORMATION DYNAMICS ON THE PROPAGATION OF HYDRAULIC SHOCK WAVES

G.M.PANAHOV, P.T.MUSEİBLİ

SUMMARY

Wave propagation and hydraulic shocks arising under gas-liquid fluid flow in pipelines are investigated. The characteristic equation for the wave amplitude has been found taking into account the mathematical expressions of the motion and continuity equations. Solving the equation under thermobaric conditions for different values of the bubble radius, the wave's propagation field was determined and suitable values were obtained for changing of the wave amplitude depending on the bubble radius.

Key words: heterogeneous systems, gas-fluid mixtures, hydraulic shock, wave propagation, wave amplitude

Redaksiyaya daxil oldu: 04.12.2017-ci il

Çapa imzalandı: 09.04.2018-ci il