

MEXANIKA

UOT 532.546

KƏMƏRDƏ HƏRƏKƏT EDƏN MAYE DİNAMİKASININ QUYUDİBİ
TƏZYİQƏ TƏSİRİ

S.Ə.İMAMƏLİYEV

Azərbaycan Respublikası Dövlət Neft Şirkəti
“Neftqazelmütədqiqatlayihə” İnstitutu
imameliyev@box.az

Baxılan işdə prosesin riyazi modeli qurulur və nəzəri tədqiqatlar əsasında quyularda yaranan qum tıxaclarının yuyulması zamanı sıxılan mayenin şaquli boruda axının hidrodinamikası öyrənilir. Boruda hərəkət edən mayenin sıxılması və müqavimət qüvvələri nəzərə alınaraq hərəkət dinamikası öyrənilmiş və təzyiq üçün zamandan asılı analitik ifadələr alınmışdır. Göstərilmişdir ki, mayenin sıxılmasından yaranan elstatik dalğalar quyudibi zonada təzyiq paylanmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Quyudibi zonada təzyiqin zamandan asılılıq qrafiki qurulmuşdur və göstərilmişdir ki, quyudibi zonada təzyiq pulsasiyası zaman keçdikcə sönür və quyudibi təzyiq stabilləşir.

Açar sözlər: maye, qum hərəkət, tənlik, funksiya, dinamika, Laplas.

Şaquli boruya yüksək təzyiq altında vurulan mayenin digər şaquli boruya keçməsi keçid yerində təzyiqin kəkin azalmasına səbəb olur ki, bunun da neft-qaz hasilatında geniş praktik tətbiqləri var. Ona görə də mayenin bir şaquli borudan digərinin boşluğuna axını zamanı baş verən hidrodinamik proseslərin öyrənilməsi həm praktiki, həm də elmi əhəmiyyətə malikdir. Neft yataqlarının istismarı zamanı qarşıya çıxan çətin aradan qaldırılan problemlərdən biri də neft quyularında qum təzahürünün yaranmasıdır. Qum tıxaclarına qarşı bir çox mübarizə üsulları mövcuddur. Bu üsullar içərisində ən çox yayılmış üsul quyuların yuyulma üsuludur. Bu zaman nasos-kompressor borusuna (NKB) yüksək təzyiq altında vurulan mayenin quyuyu dibində yaratdığı dinamik təzyiq yuyulma və süzgecin açılma prosesinə böyük təsir göstərir [1,2,3,4]. Ona görə də, NKB-yə vurulan mayenin müqavimət qüvvələrini, zamanın başlanğıc anında öz ağırlığından sıxılmasını, vurulan mayenin nasosun yaratdığı quyuağzı təzyiqin təsirindən sıxılmasını nəzərə alaraq şaquli boruda hərəkət dinamikasının öyrənilməsi və bu əsasdan onun yuyulma

prosesinin sürətləndirilməsi həm nəzəri və həm də praktiki cəhətdən mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Mayenin şaquli boruda hərəkət dinamikasına aid bir çox işlər mövcuddur. Məs.: İ.A.Çarni, M.A.Hüseynzadə və başqaları bu məsələlərin həllinə baxmışlar. Lakin şaquli boruda bir borudan digərinə mayenin axını zamanı onun sıxılmasını və özlülüyünü və quyuağzı təzyiqin dəyişməsinə nəzərə alaraq hidrodinamikası öyrənilməmişdir.

Baxılan işdə qum tıxacının yuyulması zamanı quyuya vurulan mayenin sıxılmasını və özlülüyünü nəzərə alaraq onun hərəkət dinamikası tədqiq edilərək quyudibi təzyiqin koordinat və zamandan asılı analitik ifadələri tapılacaqdır. Bu məqsədlə Şəkil 1-də göstəriləndiyi kimi quyuya buraxılmış maye ilə dolu olan l uzunluqlu şaquli boruya baxaq. Tıxacın yuyulma prosesində boruya doldurulmuş maye başmaqda olan klapanın açılması nəticəsində ondan axaraq boru arxası fəzada yuxarıya doğru hərəkət etməyə başlayır. Zamanın ilkin anında istismar kəmərinə qalxan mayenin NKB-də hərəkət edən mayeyə təsirini nəzərdən atmaq olar. Şaquli boruda hərəkət edən maye sıxılan olduğundan maye hərəkət edən boruda elastik dalğalar yaranır ki, bu dalğalar da quyudibi zonada təzyiq paylanmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir və quyudibi zonada vibrodalğalı təsir effekti yaradır. NKB-yə vurulan maye daxilində yaranan bu dalğalar süzgəcin gözünə ilişib qalmış qum dənəciklərini və digər quyudibi zonanı çirkləndirən hissəciklərin hərəkətinə səbəb ola bilər. Bundan başqa mayenin sıxılmasından yaranan elastik dalğalar quyudibi zonada məsamələrin kapilyarlarını genişləndirməklə layın neftverimini artırır. Baxılan işdə nəzəri tədqiqatlar əsasında sübut olunacaqdır ki, nasosun quyuağzında yaratdığı təzyiqi sabit saxladıqda belə, prosesin ilkin mərhələsində quyudibi təzyiq pulsasiyalı dəyişir və müəyyən müddətdən sonra quyudibi təzyiq stabilləşməyə başlayır.

Mayeni bircins və sıxılan qəbul edək. Koordinat başlanğıcını quyunun ağzında götürək, OZ koordinat oxunu isə şaquli aşağı yönəldək. Prosesin ilkin mərhələsində yuxarı qalxan mayenin vurulan mayeyə əks təsirini nəzərdən atmaq olar. Onda qaldırıcı boruda mayenin hərəkət tənliyi aşağıdakı kimi olar [5, 6]:

$$c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2a \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\delta(z-0)}{\rho} P_{q,a} - g \quad (1)$$

c - mayədə səs dalğalarının yayılma sürəti,

z - koordinat,

u - maye hissəciyinin yerdəyişməsi,

t - zaman,

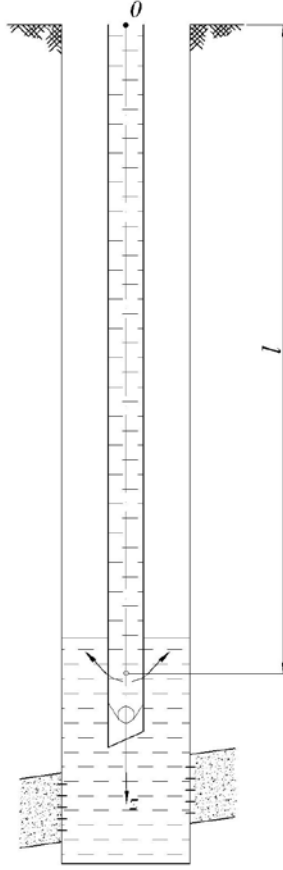
a - müqavimət əmsali,

g - sərbəstdüşmə təcili,

ρ - quyuya vurulan mayenin sıxlığı,

$P_{q,a}$ - quyuağzı təzyiq,

$\delta(z-0)$ - Dirak funksiyasıdır.



Şək.1. Hesabat sxemi

Mayeni sıxılan götürdüyümüzdən maye hissəciyinin yerdəyişməsi mayenin mütləq bərk cism kimi hərəkətindən yaranan yerdəyişmə və sıxılmadan yaranan yerdəyişmələrin cəmindən ibarət olacaqdır.

$$u = u_1 + u_e \quad (2)$$

u_1 - mayenin sıxılması nəticəsində yaranan yerdəyişmə;

u_e - isə mütləq bərk cism kimi hərəkətin yerdəyişməsidir. İtkilər nəzərə alınmayan halda aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$u_e = \frac{gt^2}{2} \quad (3)$$

(2)-ni (3) şərti daxilində (1) tənliyində nəzərə alsaq aşağıdakı tənliyi alarıq:

$$c^2 \frac{\partial^2 u_1}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} + 2agt + 2a \frac{\partial u_1}{\partial t} - \frac{\delta(z-0)}{\rho} P_{q,a} \quad (4)$$

Başlangıç və sərhəd şərtləri verək:

$$u_1|_{t=0} = \frac{\rho g}{2E} (l^2 - z^2) \quad (5)$$

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0 \quad (6)$$

$$u_1|_{z=l} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial u_1}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0 \quad (8)$$

(4) tənliyi $u_1(z, t)$ funksiyasına nəzərən xüsusi törəməli, ikinci tərtib, xətti diferensial tənlikdir. Bu tənliyi Qalyorkin metodu ilə həll edək [7,8]. Bunun üçün (4) tənliyinin (7) və (8) sərhəd şərtlərini ödəyən həllini aşağıdakı kimi axtaraq:

$$u_1(z, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\varphi_n(t) \cos \frac{2n-1}{2l} \pi z \right) \quad (9)$$

Burada $\varphi_n(t)$ -zamandan asılı naməlum funksiyadır.

(9)-u (4)-də nəzərə alsaq $\varphi_n(t)$ funksiyasına nəzərən aşağıdakı diferensial tənlik alınar:

$$\varphi_n''(t) + 2a\varphi_n'(t) + k^2\varphi_n(t) - \frac{2P_{q,a}}{\rho l} = bt \quad (10)$$

(10) tənliyi $\varphi_n(t)$ -yə nəzərən ikinci tərtib, xətti, adi diferensial tənlikdir. Burada:

$$\begin{cases} k = \frac{c\pi(2n-1)}{2l} \\ b = (-1)^n \frac{8ag}{\pi(2n-1)} \end{cases} \quad (11)$$

(10) tənliyini Laplas inteqral çevrilməsi tətbiq etməklə həll edək [9,10]. Bu zaman inikas funksiyası aşağıdakı kimi tapılır:

$$\begin{aligned} \Phi_n(p) = & \frac{1}{p^2(p^2 + 2ap + k^2)} b + \frac{p}{p^2 + 2ap + k^2} \varphi_n(0) + \frac{1}{p^2 + 2ap + k^2} \cdot \varphi_n'(0) + \\ & + \frac{1}{p^2 + 2ap + k^2} \cdot 2a\varphi_n(0) + \frac{2P_{q,a}}{\rho l} \frac{1}{p(p^2 + 2ap + k^2)} \end{aligned} \quad (12)$$

(12)-dən orijinala qayıdaq:

$$\varphi_n(t) = e^{-at} \sin(k_1 t) \left\{ \frac{2a^2 b - bk^2}{k_1 k^4} + \frac{a\varphi_n(0)}{k_1} + \frac{\varphi_n'(0)}{k_1} - \frac{2aP_{q,a}}{\rho k_1 k^2} \right\} + e^{-at} \cos(k_1 t) \left\{ \frac{2ab}{k^4} + \varphi_n(0) + \right. \quad (13)$$

$$\left. - \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2} \right\} + \frac{b}{k^2} t - \frac{2ab}{k^4} + \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2}$$

Burada $k_1 = \sqrt{k^2 - a^2}$ işarələməsi qəbul edilmişdir, $\varphi_n(0)$ və $\varphi_n'(0)$ sabitləri isə başlanğıc şərtlərdən təyin olunur.

(13)-ü (5) və (6) başlanğıc şərtlərində nəzərə alsaq $\varphi_n(0)$ və $\varphi_n'(0)$ sabitlərini aşağıdakı kimi tapırıq:

$$\begin{cases} \varphi_n(0) = (-1)^{n+1} \frac{16\rho g l^2}{E\pi^3(2n-1)^3} \\ \varphi_n'(0) = 0 \end{cases} \quad (14)$$

(14)-ü (13)-də nəzərə alsaq (10) tənliyinin analitik həllini tapırıq:

$$\varphi_n(t) = e^{-at} \sin(k_1 t) \left\{ \frac{2a^2 b - bk^2}{k_1 k^4} + (-1)^{n+1} \frac{16\rho a g l^2}{k_1 E\pi^3(2n-1)^3} - \frac{2aP_{q,a}}{\rho k_1 k^2} \right\} + \quad (15)$$

$$+ e^{-at} \cos(k_1 t) \left\{ (-1)^{n+1} \frac{16\rho g l^2}{E\pi^3(2n-1)^3} + \frac{2ab}{k^4} - \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2} \right\} + \frac{b}{k^2} t - \frac{2ab}{k^4} + \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2}$$

(15)-i (9)-da nəzərə alıb (4) tənliyinin analitik həllini tapırıq:

$$u_1(z, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ e^{-at} \sin(k_1 t) \left(\frac{2a^2 b - bk^2}{k_1 k^4} + (-1)^{n+1} \frac{16\rho a g l^2}{k_1 E\pi^3(2n-1)^3} - \frac{2aP_{q,a}}{\rho k_1 k^2} \right) + \right. \quad (16)$$

$$+ e^{-at} \cos(k_1 t) \left((-1)^{n+1} \frac{16\rho g l^2}{E\pi^3(2n-1)^3} + \frac{2ab}{k^4} - \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2} \right) + \frac{b}{k^2} t - \frac{2ab}{k^4} + \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2} \left. \right\} \times$$

$$\times \cos\left(\frac{2n-1}{2l} \pi z\right)$$

(16) və (3)-ü (2)-də nəzərə alsaq (1) tənliyinin həlli üçün analitik ifadə alırıq:

$$u(z, t) = \frac{gt^2}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ e^{-at} \sin(k_1 t) \left(\frac{2a^2 b - bk^2}{k_1 k^4} + (-1)^{n+1} \frac{16\rho a g l^2}{k_1 E\pi^3(2n-1)^3} - \frac{2aP_{q,a}}{\rho k_1 k^2} \right) + \right. \quad (17)$$

$$+ e^{-at} \cos(k_1 t) \left((-1)^{n+1} \frac{16\rho g l^2}{E\pi^3(2n-1)^3} + \frac{2ab}{k^4} - \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2} \right) + \frac{b}{k^2} t - \frac{2ab}{k^4} + \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2} \left. \right\} \times$$

$$\times \cos\left(\frac{2n-1}{2l} \pi z\right)$$

Quyudibi təzyiq aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$P_{quyudibi} = c^2 \rho \left. \frac{\partial u_1}{\partial z} \right|_{z=l} \quad (18)$$

(16)-nı (18)-də nəzərə alsaq alarıq:

$$P_{quyudibi}(l, t) = \frac{c^2 \rho \pi}{2l} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ (-1)^{n+1} (2n-1) \left[e^{-at} \sin(k_1 t) \left\{ \frac{2a^2 b - bk^2}{k_1 k^4} + (-1)^{n+1} \frac{16 \rho a g l^2}{k_1 E \pi^3 (2n-1)^3} - \frac{2aP_{q,a}}{\rho k_1 k^2} \right\} + e^{-at} \cos(k_1 t) \left\{ (-1)^{n+1} \frac{16 \rho g l^2}{E \pi^3 (2n-1)^3} + \frac{2ab}{k^4} - \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2} \right\} + \frac{b}{k^2} t - \frac{2ab}{k^4} + \frac{2P_{q,a}}{\rho k^2} \right] \right\} \quad (19)$$

Beləliklə (1) tənliyinin həlli və quyudibi təzyiq üçün zamandan asılı analitik ifadələr alınır.

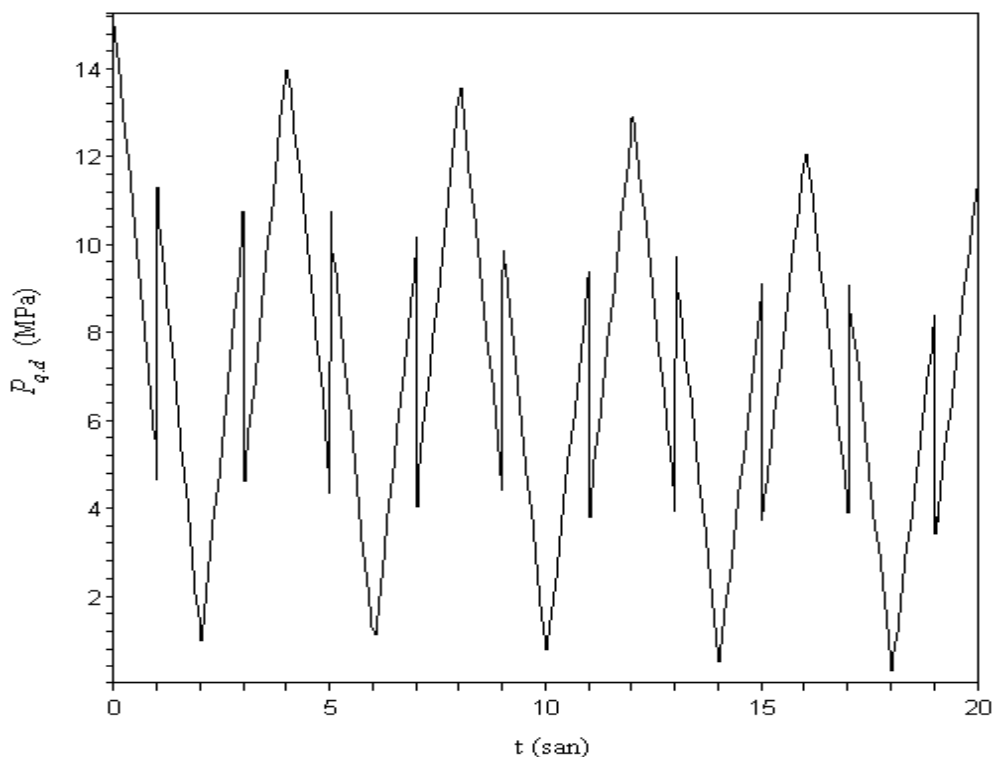
Parametrlərin aşağıdakı qiymətlərində (17) və (19) düsturlarına əsasən “Maple” proqram təminatının istifadəsi ilə ədədi hesablamalar aparılmışdır:

$$l = 1000m; \quad c = 1000 \frac{m}{san}; \quad g = 10 \frac{m}{san^2}; \quad a = 10^{-2} san^{-1}; \quad \pi = 3,14; \quad \rho = 1000 \frac{kq}{m^3}; \quad P_{q,a} = 3 \cdot 10^6 Pa$$

(17) düsturuna əsasən aparılan ədədi hesablamaların müqayisəli təhlili göstərir ki, (17) ifadəsindəki ikinci hissə yəni vurulan mayenin rəqsi hərəkətindən yaranan yerdəyişmə zaman keçdikcə sönür və mayenin tam yerdəyişməsinə çox cüzi təsir göstərir və yerdəyişmə-zaman qrafiki demək olar ki, parabola olur. (19) düsturuna əsasən aparılan hesablamalar göstərir ki, qumun yuyulması üçün quyuya vurulan mayenin sıxılmasından yaranan elastik dalğalar quyudibi zonada təzyiqin pulsasiyalı dəyişməsinə səbəb olur.

(19) düsturuna əsasən aparılan hesablamalar nəticəsində quyudibi təzyiqin zamandan asılılıq qrafiki qurulmuşdur (şəkil 2).

Şəkil 2-dən görünür ki, quyudibi təzyiq zamandan asılı olaraq böyük hədlərdə pulsasiya edir. Bu pulsasiya zaman keçdikcə sönür və sabitləşməyə doğru gedir.



Şək. 2. Quyudibi təzyiqin zamandan asılılıq qrafiki.

ƏDƏBİYYAT

1. Баишев Е.В., Гливенко Е.В., Губарь В.А., Ентов В.М., Ершов Т.Б. О газоимпульсном воздействии на призабойную зону скважин // Изв.РАН.МЖТ 2004, № 4, с.84-90.
2. Сулейманов Б.А., Аббасов Э.М. О влиянии вибровоздействия на систему пласт-скважина // Нефтепромысловое дело. 2004, №3-с.53-57.
3. Сулейманов Б.А., Аббасов Э.М., Эфендиева А.О. Виброволновое воздействие на пласт и призабойную зону скважин с учетом эффекта проскальзывания // Инженерно-физический журнал. 2008, т. 81, №2, с.358-364.
4. Кузнецов О. Л., Симкин Э.М., Чилингар Дж. Физические основы вибрационного и акустического воздействия на нефтяные пласты- М.: Мир, 2001, с.206.
5. Гусейнзаде М.А., Другина Л.И., Петрова О.Н., Степанова М.Ф. Гидродинамические процессы в сложных трубопроводных системах. М.: Недра, 1991, 168 с.
6. Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Розенберг Г.Д. Нефтегазовая гидромеханика. М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005, 544 с.
7. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. том 2. Государственное издательство физико-математической литературы., М., 1969, 620 с.
8. Копченова Н.В., Марон И.А. Вычислительная математика в примерах и задачах., Главная редакция физико-математической литературы. М.: Наука, 1972, 366 с.
9. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: ГИТТЛ, 1955, 519 с.
10. Араманович И.Г., Лунц Г.А., Эльсгольц Л.Э. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. М.: Наука, 1965, с 390.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В КОЛОННЕ ТРУБ НА ЗАБОЙНОЕ ДАВЛЕНИЕ

С.А.ИМАМАЛИЕВ

РЕЗЮМЕ

Строится математическая модель процесса и на основе теоретических исследований с учетом сжимаемости жидкости исследуется гидродинамика потока жидкости в вертикальной трубе. Определено аналитическое выражение давления жидкости в зависимости от времени с учетом ее сжимаемости и сил сопротивления. Показано, что в начальном периоде пульсации упругих волн на забое скважины из-за сжимаемости жидкости происходят в значительных пределах. Со временем эти волны затухают, а через некоторое время стабилизируются.

Ключевые слова: жидкость, песок, движение, уравнение, функция, динамика, Лаплас

THE IMPACT OF FLUID FLOW DYNAMICS INSIDE PIPE STRING ONTO BOTTOMHOLE PRESSURE

S.A.IMAMALIEV

SYMMARY

We constructed a mathematical model of the process and on the basis of theoretical studies, taking into account the compressibility of the liquid, we studied the hydrodynamics of liquid flow in a vertical tube. We have determined an analytical expression of the fluid pressure depending on time in view of its compressibility and resisting strength. It is shown that fluctuations in the initial period of elastic waves in borehole bottom widely occur due to compressibility. Over time, these waves damp out and stabilize after a while.

Keywords: liquid, sand, motion, equation, function, dynamics, Laplace

Redaksiyaya daxil oldu: 07.08.2012-ci il.

Çapa imzalandı: 20.10.2012-ci il.