UOT 539.3

ŞAQULİ QUYUƏTRAFI LAYLI MÜHİTİN KONTAKT TƏZYİQİNƏ YERALTI SULARIN SÜZÜLMƏSİNİN TƏSİRİ

S.A.PİRİYEV
Bakı Dövlət Universiteti
sahibpiriyev@gmail.com

Təqdim olunan işdə şaquli quyuətrafı mühitin səpələnmiş dağılması prosesinə baxılmış və quyuətrafı silindrik laylı mühitlərarası kontakt təzyiqə zədələnmə prosesinin və yeraltı suların süzülməsinin təsiri öyrənilmişdir. Burada irsi tip zədələnmə nəzəriyyəsindən istifadə edərək requlyar nüvələr üçün kontak təzyiqin relaksasiya əyriləri qurulmuşdur.

Açar sözlər: Quyu, zədələnmə, kontakt təzyiq, deformasiya, gərginlik

Neft quyularının uzunmüddətli möhkəmliliyinin hesablanmasında layda mayenin axınının nəzərə alınması praktikada vacib məsələlərdən biridir. Layda mayenin quyu dibinə axını mürəkkəb süzülmə axınıdır. Mürəkkləb süzülmə axınının öyrənilməsi hidrodinamik baxımdan mürəkkəb məsələdir.

Layda süzülmə axınının mürəkkəb olmasına eyni zamanda layın bircins olmaması və layda müxtəlif fazalarda mayenin hərəkət etməsi də səbəb olur. Layda süzülmə axınının mürəkkəb olmasına baxmayaraq, onu sadə süzülmə axınlarına ayırmaq olar. Həmin sadə süzülmə axınlarının öyrənilməsi mürəkkəb süzülmə axınlarının öyrənilməsinə də kömək edir.

Süzülmə axınlarını sadə süzülmə axınlarına ayırdıqda aşağıdakı şərtlər qəbul olunur:

1) layı təşkil edən suxurlar bircins suxurlardır, yəni bütün nöqtələrdə layın keşiricilik əmsalı eynidir;
2) layda hərəkət edən maye bircinsdir. Əgər layda ikicinsli maye hərəkət edərsə, onda layın hidravlik keçiriciliyi dəyişmir;
3) süzülmə axını Darsi qanununa tabedir.

Qeyd olunan şərtlərə əsasən tədqiq olunan bu məsələdə birölçülü, yastı radial-süzülmə axınının qeyri-bircins quyuətrafı mühitin möhkəmliyinə təsiri öyrənilmişdir.

Birölçülü süzülmə axınının aşağıdakı xüsusiyyətləri vardır. Maye və yaxud qazın məsaməli mühitdə trayektoriyaları bir-birinə paralel olan xətlərdən ibarətdir.

Mayenin bütün hərəkət trayektoriyalarının hərəkət qanunları eynidir, ona görə də bir trayektoriyanın hərəkətini öyrənməklə bütün süzülmə axınını öyrənmək olar. Belə hərəkətdə maye hissəciyinin hərəkəti, ancaq r radial koordinatı ilə ifadə olunur.

Mayenin hərəkət istiqamətinə perpendikuliyar olan müstəvinin bütün nöqtələrində onun təzyiqi dəyişmir. Əgər tədqiq olunan məsələdə mayenin axını qərarlaşmış olarsa, onda axının bütün nöqtələrində təzyiq, ancaq radial koordinatın funksiyası olacaq. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, qərarlaşmış hərəkətdə ayrı-ayrı hissəciklərin trayektoriyası cərəyan xəttinin üzərinə düşür.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq müxtəlif keçiriciliyə malik konsentrik şəkildə təmasda olan mühitlərarası kontakt gərginliyə lay sularının qərarlaşmış yastı-radial hərəkətinin təsiri araşdırılmışdır. Bunun üçün layın müxtəlif keçiriciliyə malik olan iki mühitdən ibarət olduğunu fərz edək (şəkil 1.).

Burada mühitlərin sərhədləri silindrik səthlərdən ibarət olacaqdır [1].

Bircins mühitin daxili–radiusu quyunun R_0 radiusu kimi, xarici sərhədin radiusu isə R_1-dir.

R_1 radiusu, eyni zamanda ikinci mühitin daxili sərhədinin radiusu olacaqdır. İkinci mühitin xarici sərhədinin radiusu R_2 ilə işarə edilmişdir.

Mühitlərdə olan mayenin qərarlaşmış, yastı-radial hərəkəti zamanı, onların yaratdıqları təzyiqlər ilk dəfə Düpi tərəfindən alınmış və onun adını daşıyır.

Şək. 1. Quyunun en kəsiyinin sxemi.

$$p_I = p_A - \frac{p_A - p_0}{\ln \dfrac{R_1}{R_0}} \cdot \ln \frac{R_1}{R},$$

(1)

$$p_{II} = p_2 - \frac{p_2 - p_A}{\ln \dfrac{R_2}{R_1}} \cdot \ln \frac{R_2}{R}.$$

Maye sərfini isə məlum olan:

$$Q_I = \frac{2\pi k_1 h(p_A - p_0)}{\mu \ln \dfrac{R_1}{R_0}},$$

(2)

$$Q_{II} = \frac{2\pi k_2 h(p_2 - p_A)}{\mu \ln \dfrac{R_2}{R_1}}.$$

düsturları ilə tapmaq olar.

Burada μ -mayenin mütləq özlülük əmsalı:

k_1 və k_2 - mühitlərin keçiricilik əmsalları:

p_0 və p_2 – uyğun olaraq daxili və xarici qidalanma mənbələrində mayelərin təzyiqləri:

Q_I və Q_{II} uyğun olaraq, birinci və ikinci mühitlərdə maye sərfidir.

Maye sərfinin kəsilməzlik şərtinə görə $Q=const$ olduğundan,

$$Q_I = Q_{II}$$

olacaqdır. Bundan istifadə edərək mühitlərin təmas nöqtələrində olan mayenin təzyiqini aşağıdakı kimi yaza bilərik [1]:

$$p_A = \frac{k_2 p_2 \ln \dfrac{R_1}{R_0} + k_1 p_0 \ln \dfrac{R_2}{R_1}}{k_2 \ln \dfrac{R_1}{R_0} + k_1 \ln \dfrac{R_2}{R_1}}. \quad (3)$$

Qeyd olunan mühitlər üçün σ_{rr} və $\sigma_{\theta\theta}$ gərginlik komponentlərindən ibarət tarazlıq tənlikləri aşağıdakı kimidir:

$$r\frac{d\sigma_{rr}}{dr}=\sigma_{\theta\theta}-\sigma_{rr}. \tag{4}$$

Birinci mühitdə ($R_0 \le r \le R_1$) gərginliklərin yerdəyişmələrlə ifadəsi:

$$\sigma_{rr}^{(1)}=\frac{E_1}{1-\nu_1^2}\left(\frac{\partial u_1}{\partial r}+\nu_1\frac{u_1}{r}\right),$$

$$\sigma_{\theta\theta}^{(1)}=\frac{E_1}{1-\nu_1^2}\left(\frac{u_1}{r}+\nu_1\frac{\partial u_1}{\partial r}\right). \tag{5}$$

İkinci mühitdə ($R_1 \le r \le R_2$):

$$\sigma_{rr}^{(2)}=\frac{E_2}{1-\nu_2^2}\left(\frac{\partial u_2}{\partial r}+\nu_2\frac{u_2}{r}\right),$$

$$\sigma_{\theta\theta}^{(2)}=\frac{E_2}{1-\nu_2^2}\left(\frac{u_2}{r}+\nu_2\frac{\partial u_2}{\partial r}\right). \tag{6}$$

(5) və (6)-nı (4)-də nəzərə alsaq, tarazlıq tənliyinin yerdəyişmələrlə ifadəsini alarıq.

$$\frac{\partial^2 u_1}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial u_1}{\partial r}-\frac{u_1}{r^2}=0,$$

$$\frac{\partial^2 u_2}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial u_2}{\partial r}-\frac{u_2}{r^2}=0. \tag{7}$$

(7) diferensial tənliyinin həlli uyğun olaraq, bitinci və ikinci mühitlər üçün aşağıdakı şəkildə axtarılır.

$$\begin{cases} u_1=C_1 r+\dfrac{C_2}{r}, \\ u_2=C_3 r+\dfrac{C_4}{r}. \end{cases} \tag{8}$$

Birinci mühit üçün sərhəd şərtləri ($R_0 \le r \le R_1$):

$$\sigma_{rr}^{(1)}\Big|_{r=R_0} = -p_0; \quad \sigma_{rr}^{(1)}\Big|_{r=R_1} = -(q_k + p_A). \tag{9}$$

İkinci mühit üçün sərhəd şərtləri ($R_1 \le r \le R_2$):

$$\sigma_{rr}^{(2)}\Big|_{r=R_1} = -(q_k + p_A); \quad \sigma_{rr}^{(2)}\Big|_{r=R_2} = -p_2, \tag{10}$$

burada q_k -R=R$_1$-səthində olan mühitlərarası kontakt təzyiqdir. (8)-in birincisini (5)-də yazaq.

$$\begin{cases} \sigma_{rr}^{(1)} = \dfrac{E_1C_1}{1-\nu_1} - \dfrac{E_2C_2}{r^2(1+\nu_1)}, \\ \\ \sigma_{\theta\theta}^{(1)} = \dfrac{E_1C_1}{1-\nu_1} + \dfrac{E_2C_2}{r^2(1+\nu_1)}. \end{cases} \tag{11}$$

(9) sərhəd şərtlərini (11)-də nəzərə alsaq, *C₁* və *C₂* dəyişənlərindən ibarət tənliklər sistemi almış olarıq.

$$\begin{cases} \dfrac{E_1C_1}{1-\nu_1} - \dfrac{E_1C_2}{R_0^2(1+\nu_1)} = -p_0, \\ \\ \dfrac{E_1C_1}{1-\nu_1} - \dfrac{E_1C_2}{R_1^2(1+\nu_1)} = -(q_k + p_A). \end{cases} \tag{12}$$

Bu tənliklər sistemində C_1 və C_2 dəyişənlərini tapıb (8) ifadələrinin birincisində yerinə yazsaq, u_1-i taparıq:

$$u_1 = \frac{((q_k + p_A) - p_0R_0^2)(1-\nu_1)r^2 + R_0^2R_1^2(1+\nu_1)((q_k + p_A) - p_0)}{E_1r(R_0^2 - R_1^2)}. \tag{13}$$

Analoji qayda ilə ikinci mühit üçün yerdəyişmə aşağıdakı kimi tapılır:

$$u_2 = \frac{R_1^2(1+\nu_2)((q_k + p_A) - p_2) - p_2(1-\nu_2)r^2}{E_2 r}. \quad (14)$$

$r=R_1$-də yerdəyişmələr kəsilməz olduğundan,

$$u_1=u_2$$

olacaqdır. Bu şərtdən istifadə edərək, təmas nöqtəsində mühitlər arasında olan kontakt gərginlik üçün aşağıdakı düsturu yazmaq olar [2;3].

$$q_k = \frac{2p_0R_0^2G_2\dfrac{1}{1+\nu_1} + 2(R_1^2 - R_2^2)\cdot\dfrac{G_1}{1+\nu_2}p_2}{R_1^2G_2\cdot\dfrac{1-\nu_1}{1+\nu_2} + R_0^2G_2 + (R_1^2 - R_0^2)G_1} - p_A. \quad (15)$$

Burada G_1 və G_2 sürüşmə modullarıdır. p_A –nın (3)-ifadəsini (15)-də yerinə yazsaq, təmasda olan mühitlər arasında kontakt gərginliklər üçün elastiki halda aşağıdakı düstur alınır.

$$q_k = \frac{2p_0R_0^2G_2\dfrac{1}{1+\nu_1} + 2(R_1^2 - R_2^2)\cdot\dfrac{G_1}{1+\nu_2}p_2}{R_1^2G_2\cdot\dfrac{1-\nu_1}{1+\nu_2} + R_0^2G_2 + (R_1^2 - R_0^2)G_1} - \frac{k_2p_2\ln\dfrac{R_1}{R_0} + k_1p_0\ln\dfrac{R_2}{R_1}}{k_2\ln\dfrac{R_1}{R_0} + k_1\ln\dfrac{R_2}{R_1}}. \quad (16)$$

Bundan sonra, ikinci mühitdə zədələnmə prosesinin baş verməsini qəbul edək. İrsi növ [6] zədələnmə nəzəriyyəsinə əsasən fiziki asılılıqlar aşağıdakı kimi olur.

$$\begin{cases} э_{ij} = (1+M^*)s_{ij}, \\ \varepsilon = 3K\sigma. \end{cases}$$

Burada ε və σ-deformasiya və gərginlik tenzorlarının kürəvi hissələri, $э_{ij}$ və s_{ij}-onların deviatorları, K-həcmi deformasiya modulu, M^*-zədələnmə prosesini xarakterizə edən inteqral operatordur:

$$M^*s_{ij} = \sum_{k=1}^{n}\Phi_k(t_k^+)\int_{t_k^-}^{t_k^+}M(t_k^+ - \tau)s_{ij}(\tau)d\tau + \int_{t_{n+1}^-}^{t}M(t-\tau)s_{ij}(\tau)d\tau$$

$M(t-\tau)$-zədələnmə nüvəsi, $(t_k^-;t_k^+)$-isə aktiv yükləmədə zaman intervallardır. Baxılan məsələdə olduğu kimi, yükləmə zaman boyu sabit və ya monoton artan olan halda zədələnmə prosesini ifadə edən M^* inteqral operatoru adi özlü-elastiki operatora çevrilir

$$M^* s_{ij} = \int_0^t M(t-\tau) s_{ij}(\tau) d\tau ,$$

və onunla bütün əməliyyatlar, məlum [2] rezolvent operatorlar cəbrindən istifadə olunaraq aparıla bilər. Həmçinin bu halda özlü–elastiklikdə məlum olan uyğunluq prinsipindən istifadə etmək mümkündür. Deyilənləri nəzərə alaraq, (16) düsturundan, uyğunluq prinsipinə əsasən, ikinci mühitdə zədələnmə prosesi baş verən halda mühitlərarası kontakt təzyiqin dəyişməsi düsturunu almaq mümkündür. Əvvəlcə aşağıdakı işarələmələri daxil edək:

$$\frac{2p_0R_0^2}{1+\nu_1} = A; \quad \frac{2(R_1^2-R_2^2)G_1p_2}{1+\nu_2} = B; \quad R_1^2 \cdot \frac{1-\nu_2}{1+\nu_2} + R_0^2 = D; \quad (R_1^2-R_0^2)G_1 = F.$$

Onda, (16) düsturuna daxil olan elastiklik modullarını müvafiq operatorla əvəz edərək aşağıdakıları alarıq:

$$q_k = \frac{A\tilde{G}_2 + B}{D\tilde{G}_2 + F} - \frac{k_2 p_2 \ln\dfrac{R_1}{R_0} + k_1 p_0 \ln\dfrac{R_2}{R_1}}{k_2 \ln\dfrac{R_1}{R_0} + k_1 \ln\dfrac{R_2}{R_1}}. \tag{17}$$

Burada $\tilde{G}_2$ aşağıdakı kimi irsi növ inteqral operatordur:

$$\tilde{G}_2 = G_2(1 - Э_\alpha^*(\lambda)). \tag{18}$$

Bu ifadədə $Э_\alpha^*(\lambda)$ zədələnməni xarakterizə edən inteqral operatordur. Bundan sonra (18)- i (17)-də yazaq, alarıq:

$$q_k = \frac{AG_2 - AG_2Э_\alpha^*(\lambda) + B}{DG_2 - DG_2Э_\alpha^*(\lambda) + F} - \frac{k_2 p_2 \ln\dfrac{R_1}{R_0} + k_1 p_0 \ln\dfrac{R_2}{R_1}}{k_2 \ln\dfrac{R_1}{R_0} + k_1 \ln\dfrac{R_2}{R_1}} =$$

(19)

$$= \frac{(AG_2+B)\left(1 - \dfrac{AG_2}{AG_2+B}Э_\alpha^*(\lambda)\right)}{(BG_2+F)\left(1 - \dfrac{DG_2}{DG_2+F}Э_\alpha^*(\lambda)\right)} - \frac{k_2 p_2 \ln\dfrac{R_1}{R_0} + k_1 p_0 \ln\dfrac{R_2}{R_1}}{k_2 \ln\dfrac{R_1}{R_0} + k_1 \ln\dfrac{R_2}{R_1}}.$$

Növbəti işarələmələri daxil edək:

$$\mu_1 = \frac{AG_2}{AG_2 + B}; \ \mu_2 = \frac{DG_2}{DG_2 + F}. \tag{20}$$

Və bu ifadələri (19)-da nəzərə alaq, onda

$$q_k = \frac{AG_2 + B}{DG_2 + F} \cdot \frac{1 - \mu_1 Э^*_\alpha(\lambda)}{1 - \mu_2 Э^*_\alpha(\lambda)} - \frac{k_2 p_2 \ln\frac{R_1}{R_0} + k_1 p_0 \ln\frac{R_2}{R_1}}{k_2 \ln\frac{R_1}{R_0} + k_1 \ln\frac{R_2}{R_1}}. \tag{21}$$

(21) düsturuna daxil olan $Э^*_\alpha(\lambda)$ operatorunun xassələrindən istifadə etsək [2], bu düsturu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$q_k = \frac{AG_2 + B}{DG_2 + F} \cdot (1 - (\mu_1 - \mu_2) Э^*_\alpha(\lambda + \mu_2)) - \frac{k_2 p_2 \ln\frac{R_1}{R_0} + k_1 p_0 \ln\frac{R_2}{R_1}}{k_2 \ln\frac{R_1}{R_0} + k_1 \ln\frac{R_2}{R_1}}. \tag{22}$$

(22)-də operatorun nüvəsi $\alpha = 0$ qəbul edək. Onda:

$$Э^*_0(\lambda + \mu_2, \tau) = e^{(\lambda+\mu_2)t}.$$

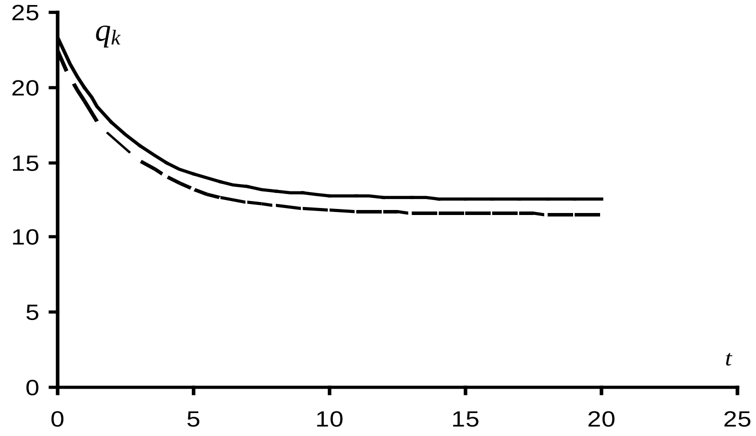
və

$$Э^*_\alpha(\lambda + \mu_2) \cdot 1 = \int_0^t Э_0(\lambda + \mu_2) d\tau = \frac{1}{\lambda + \mu_2} \cdot (e^{(\lambda+\mu_2)t} - 1). \tag{23}$$

(23)-ü (22)-də yazsaq, kontakt gərginliyin zamandan asılılıq düsturunu aşağıdakı şəkildə almış olarıq:

$$q_k = \frac{AG_2 + B}{BG_2 + F} \cdot \left(1 + \frac{\mu_1 - \mu_2}{\lambda + \mu_2} \cdot e^{(\lambda+\mu_2)t}\right) - \frac{k_2 p_2 \ln\frac{R_1}{R_0} + k_1 p_0 \ln\frac{R_2}{R_1}}{k_2 \ln\frac{R_1}{R_0} + k_1 \ln\frac{R_2}{R_1}}. \tag{24}$$

(24)-dən istifadə edərək kontakt gərginliyin zamandan asılılığı aşağıdakı qrafikdə təsvir olunmuşdur.



Şək. 2. Kontakt gərginliyin relaksasiyası.
------- $p_A \neq 0$ olduqda,
—— $p_A = 0$ olduqda.

Qrafikdən görünür ki, quyunun dayanıqlığına qrunt sularının təsiri kifayət qədərdir. Belə ki, mayenin qərarlaşmış yastı-radial süzülməsi zamanı, mühitlərin təmas səthində yeraltı suların süzülməsi nəticəsində yaranan təzyiqin təsiri nəzərə alındıqda həmin səthdə kontak gərginliklərin relaksasiyası intensivləşir.

ƏDƏBİYYAT

1. Mirzəcanzadə A.X. Neft və qaz yataqlarının işlənməsi və istismarının nəzəri əsasları. Bakı, 1960.
2. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. М., 1977, с.
3. Ягубов Н.И. Расчет обсадных колонн. Недра, 1982.
4. Piriyev S.A. Forecasting of Load - Carrying Ability of The Earth File Around of Horizontal Cavities. Global Journal of Human Social Science Geography & Environmental GeoSciences. Volume 12, Issue 11, Version 1.0, 2012. Double Blind Peer Reviewed International Research Journal. Publisher: Global Journals Inc. (USA). Online ISSN: 2249-460x & Print ISSN: 0975-587X.
5. Piriyev S.A. The Dispersed Failure of a Heavy Half-Plane with a Circular Aperture. International Mathematical Forum, 4, 2009, No 34, 1693 – 1698, Bulgaria.
6. Суворова Ю.В., Ахундов М.Б. Длительное разрушение изотропной среды в условиях сложного напряженного состояния. Машиноведение, АН СССР, 1986, № 4, с. 40-46.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ С УЧЕТОМ НАЛИЧЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

С.А.ПИРИЕВ

РЕЗЮМЕ

В работе на основе концепции рассеянного разрушения исследовано влияние наличия подземных вод на изменение контактного давления на стыке цилиндрических кусочно-однородных сред, окружающих вертикальную скважину. В основу исследования положена наследственная теория повреждаемости. Для регулярного ядра повреждае-

мости построены кривые релаксации контактного давления межслойной поверхности, отражающие влияние фильтрации подземных вод.

Ключевые слова: скважина, деформация, напряжение, контактное давление, повреждаемость, подземные воды.

DURABILITY OF THE VERTICAL WELL TAKING INTO ACCOUNT UNDERGROUND WATERS

S.A.PIRIYEV

SUMMARY

The work investigates influence of the presence of underground waters on the change of contact pressure on a joint of cylindrical non-homogeneous environments surrounding a vertical chink on the basis of the concept of absent-minded destruction. The hereditary theory of damageability is the focus of the research. For a regular kernel of damageability, curve relaxations of the contact pressure of the interlaminar surface, filtrations of underground waters reflecting influence are constructed.

Key words: Well, deformation, pressure, contact pressure, damageability, underground waters.

Redaksiyaya daxil oldu: 11.12.2013-cü il
Çapa imzalandı: 27.12.2013-cü il