

UDC 622.276.52

DOI 10.52171/herald.241

Determination of the Accurate Flow Formula of a Hydrodynamic Incomplete Cooled Well According to the Degree of Mud Opening

G.G. Mammadova

Azerbaijan State Oil and Industry University (Baku, Azerbaijan)

For correspondence:

Gulbahar Mammadova / e-mail: gulbahar.mammadova@mail.ru

Abstract

In the article, a given well with a flat bottom, hydrodynamic ally incomplete according to the degree of formation opening, the bottom is replaced by a well with a bottom in the form of a concave hemispherical surface, and the exact full discharge formula of the given well is derived. Here, the layer is saturated with non-Newtonian oil and consists of two parts, a flat-radial flow occurs in the upper part with a thickness a , and a complex percolation flow occurs in the lower part with a thickness h , the percolation law A. Krasnopolski is non-linear. After replacement, a hemispherical-radial simple percolation flow occurs in the lower part of the layer, and the flow lines are radial straight lines; and equipotential surfaces are concentric hemispheres. Two different stationary hydrodynamic problems were solved and discharge formulas were derived for both parts of the reservoir separately. By summing these two debits, the exact debit formula of the given flat-bottomed well was obtained.

Keywords: productive layer, degree of opening, hydrodynamic incompleteness, flat-bottomed well, flat-radial flow, hemispherical-radial flow, concave hemisphere, exact full discharge, stationary hydrodynamics.

Submitted 24 Jan 2024

Published 17 Mar 2025

For citation:

G.G. Mammadova

[Determination of the Accurate Flow Formula of a Hydrodynamic Incomplete Cooled Well According to the Degree of Mud Opening]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2025, vol. 17 (1), pp. 37-44

Layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik tamamlanmamış yastıdibli quyunun dəqiq debit düsturunun təyini

G.G. Məmmədova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Bakı, Azərbaycan)

Xülasə

Məqalədə, verilmiş yastı dibli, layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik natamam quyu, dibi çökək yarımşfera səthi şəklində dibi olan quyu ilə əvəz edilmişdir və verilmiş quyunun dəqiq tam debit düsturu çıxarılmışdır. Burada lay qeyri-nyuton neftlə doymuşdur və iki hissədən ibarətdir, qalınlığı a olan yuxarı hissədə yastı-radial, qalınlığı $h-a$ olan aşağı hissədə mürəkkəb süzülmə axını baş verir, süzülmə qanunu A. Krasnopolski qanununa görə qeyri-xəttidir. Əvəzləmədən sonra, layın aşağı hissəsində yarımşferik-radial sadə süzülmə axını baş verir və axın xətləri radial düz xətlərdir; ekvipotensial səthlər isə konsentrik yarımşferalardır. İki müxtəlif stasionar hidrodinamik məsələlər həll edilmişdir və layın hər iki hissəsi üçün ayrı-ayrılıqda debit düsturları çıxarılmışdır. Bu iki debitlər cəmlənərək verilmiş yastı dibli quyunun tam dəqiq debit düsturu çıxarılmışdır.

Açar sözlər: məhsuldar lay, açılma dərəcəsi, hidrodinamik natamam, yastı dibli quyu, yastı-radial axın, yarımşferik-radial axın, çökək yarımşfera, dəqiq tam debit, stasionar hidrodinamik.

Вывод формулы точного дебита плоскодонной гидродинамически несовершенной по степени вскрытия пласта скважины

Г.Г. Мамедова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (Баку, Азербайджан)

Аннотация

В статье рассматривается плоскодонная, гидродинамически несовершенная по степени вскрытия пласта скважина, замененная скважиной, имеющей вогнутый полусферический забой, и выведена точная формула дебита неньютоновской нефти. Продуктивный пласт состоит из двух частей: верхняя часть с толщиной a , где происходит плоскорадиальный фильтрационный поток, и нижняя часть с толщиной $h-a$, где происходит сложный плоскорадиальный фильтрационный поток, фильтрация в пласте происходит по закону А. Краснопольского. После замены в нижней части залежи происходит полусферически-радиальный простой фильтрационный поток, линии тока бывают радиальными прямыми, а эквипотенциальные поверхности являются концентрическими полусферами. Решены две стационарные гидродинамические задачи и выведены формулы дебитов нефти для каждой части в отдельности. Суммируя эти дебиты, получена формула полного дебита заданной плоскодонной скважины.

Ключевые слова: продуктивный пласт, степень вскрытия, гидродинамически несовершенная, плоскодонная скважина, плоскорадиальный поток, полусферически-радиальный поток, вогнутая полусфера, точный полный дебит, стационарная гидродинамическая.

Giriş

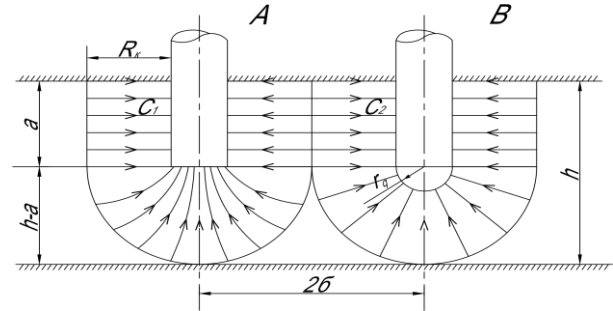
Məqalədə qoyulmuş məsələnin mövzusu aktualdır, nəzəri və praktik əhəmiyyətə malikdir. Bu məsələnin dəqiq həlli barədə ədəbiyyatda məlumat yoxdur. Elmi tədqiqatlar və araşdırmalar aparılmış, məhsuldar lay qeyri-nyuton xarakterli maye neftlə doymuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, qeyri-nyuton xarakterli mayələrin bir neçə növləri mövcuddur; onların hər biri ayrılıqda müxtəlif qeyri-xətti süzülmə qanunlarına tabedirlər; onlardan aşağıdakıları göstərmək olar [1-5]. Məqalədə, baxılan qeyri-nyuton neftlə doymuş məhsuldar laydan quyuya süzülən məhsul A.Krasnopolski qeyri-xətti süzülmə qanununa tabe olur. Ümumiyyətlə, böyük qalınlığa malik olan məhsuldar layda istismar və vurucu quyular layın açılma dərəcəsinə görə tamamlanmamış olurlar, onların özləri də iki cür ola bilirlər: 1) yastı diblilər, 2) çökək yarımşfera formalı diblilər (şək.1). Yastı dibli quyuyu üçün qeyri-nyuton neftin laydan quyuya A.Krasnopolski qanunu ilə layın açılma dərəcəsinə görə tamamlanmamış yastı dibli quyuya axınında hələ indiyədək dəqiq debit düsturunu çıxarmamışdılar.

Məqalədə, yastı dibli istismar quyusu çökək yarımşfera formalı dibli quyuyu ilə əvəz edilmişdir, hansının ki, parametrlərinin (geoloji-fiziki xassələrinin və qabarit ölçülərinin) qiymətləri birinci qanunundakına bərabər götürülmüş və verilmiş quyuyu üçün dəqiq debit düsturu çıxarılmışdır [6-8].

İşin məqsədi

Burada, iki müxtəlif stasionar hidrodinamik məsələlər həll edilmişdir: biri layın yuxarı hissəsində baş verən yastı-radial sadə süzülmə axınında, digəri isə aşağı hissəsində baş verən yarımşferik sadə süzülmə axınında. Hər iki məsələdə debit düsturları çıxarılmışdır; bu

düsturlar cəmlənərək, verilmiş quyuyu üçün tam dəqiq debit düsturu çıxarılmışdır. Şəkil 1-də diblərinin həndəsi formaları olan iki quyunun sxemi təqdim edilmişdir.



Şəkil 1 – Diblərinin həndəsi formaları müxtəlif olan iki quyunun sxemi: A - yastıquyudibi, B - çökək yarımşfera formasında quyudibi

Figure 1 – Scheme of two wells with different bottom geometric shapes: A - pillow, B - squat a hemispherical well

Bu şəkildən göründüyü kimi, hər iki quyuyu layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik tamamlanmamışdır, layın açılma xarakterinə görə isə hidrodinamik tamamlanmışdırlar [9]. Şəkil 1-də, aşağıdakı şərti işarələr qəbul edilmişdir: R_k – qidalanma konturunun radiusu; r_q – quyunun radiusu; h – məhsuldar layın qalınlığı; a – layın açılmış hissəsinin qalınlığı; 2σ – quyular arasındakı məsafə; C_1 – layın yuxarı hissəsinin süzülmə əmsalı; C_2 – layın aşağı hissəsinin süzülmə əmsalıdır.

Şəkildən görünür ki,

$$2\sigma/2 = R_k = \sigma \quad (1)$$

Məhsuldar layın yuxarı hissəsində, hər iki quyular üzrə yastı-radial sadə süzülmə axını baş verir. Məhsuldar layın aşağı hissəsində quyuyu №1 üzrə mürəkkəb süzülmə axını baş verir, çünki bu quyuyu yastı diblidir; quyuyu №2 üzrə isə yarımşferik sadə süzülmə axını baş verir, çünki bu quyuyu çökək yarımşferik dibə malikdir; ona görə də bu quyuyu üzrə axın xətləri radial düzxətlərdir. Quyuyu №1 üzrə layın aşağı hissəsində əyri xətlərdir. Burada,

izobar əyriləri axın xətləri ilə qarşılıqlı normal vəziyyətdə yerləşirlər. Əgər bu əyrinin axın xətlərinin tənliklərini tapmaq mümkün olsaydı, onda izobar əyrilərinin tənliklərini də tapmaq mümkün olardı. Əgər iki müxtəlif kəsişən əyri xətlər qarşılıqlı normal vəziyyətdədirlərsə, onda kəsişmə nöqtəsində hər iki əyri xətlərə çəkilmiş toxunan düz xətlər qarşılıqlı perpendikulyar düz xətlər olacaqlar.

Layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik tamamlanmamış yastı dibli quyu üçün təqribi neft debiti düsturu çıxarılmışdır; ədəbiyyatda bu barədə məlumat vardır [1].

Burada qamma funksiyasından istifadə edilmişdir. Aşağıda bu funksiya barədə ətraflı məlumat verilmişdir. Hidrodinamik işlənmə məsələlərin həllini asanlaşdırmaq üçün qamma

funksiyası cədvəlləşdirilmişdir, bu cədvəl 1-də təqdim edilmişdir. Qamma funksiyasının $x < 1$ və $x > 1$ qiymətləri aşağıdakı düsturlarla hesablanabilir:

$$\Gamma(x) = \frac{\Gamma(x+1)}{x} \quad (2)$$

$$\text{və } \Gamma(x) = (x-1)\Gamma(x-1) \quad (3)$$

Misallar:

$$1) \Gamma(0,7) = \frac{\Gamma(1,7)}{0,7} = \frac{0,90864}{0,7} = 1,2981;$$

$$2) \Gamma(3,5) = 2,5\Gamma(2,5) = 2,5 \cdot 1,5 \cdot \Gamma(1,5) = 2,5 \cdot 1,5 \cdot 0,88623 = 3,32336$$

Düsturların və qrafiklərin təyini aşağıdakı ardıcılıqla aparılır. Qamma funksiyasının faktorial anlayışı X -in istənilən ədədinə yayılır, özü də qamma funksiyanın köməyi ilə həm də iki cür olur:

$$\left\{ \Gamma(x) = \int_0^{\infty} e^{-t} \cdot t^{x-1} \cdot dt (\text{Eyler int eqralı}) \text{ ya } \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^{x-1}}{x(x+1)(x+2)\dots(x+n+1)} \right.$$

(istənilən x üçün $x > 0$ olanda)

Qamma funksiyasının əsas xassələri:

$$\Gamma(x+1) = x\Gamma(x);$$

$$\Gamma(n) = (n-1)!, \quad n \text{ tam və müsbət olanda.}$$

$$X \text{ tam müsbət olanda: } \Pi(x) = \frac{1}{\infty} \text{ olur.}$$

$$X = \frac{1}{2} \text{ olanda: } \Pi\left(\frac{1}{2}\right) = \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

$$X = -\frac{1}{2} \text{ olanda: } \Pi\left(-\frac{1}{2}\right) = \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$$

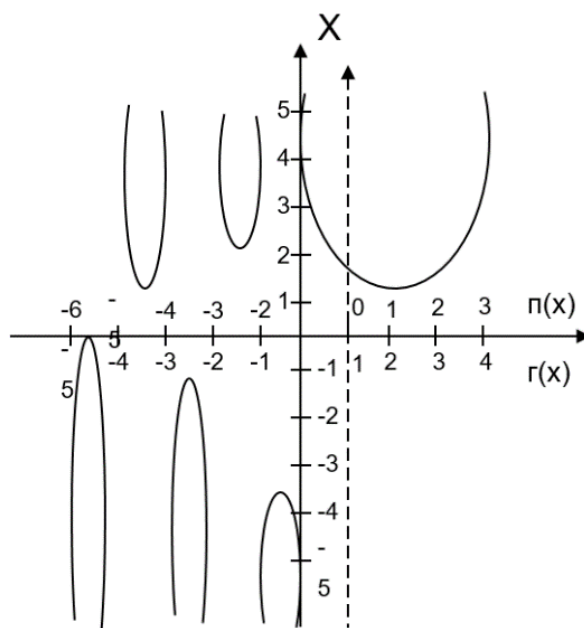
$$X = -\frac{3}{2} \text{ olanda: } \Pi\left(-\frac{3}{2}\right) = \Gamma\left(-\frac{1}{2}\right) = -2\sqrt{\pi}$$

$$\Gamma(x) \cdot \Gamma(1-x) = \frac{\pi}{\sin \pi x}$$

$$\Gamma(x) \cdot \Gamma\left(x + \frac{1}{2}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2^{2x-1}} \Gamma(2x)$$

Layın bütün qalınlığının tam açılmasına görə quyu debitinin itkisini aydınlaşdırmaq maraqlıdır. Bu səbəbdən də Q_1 və Q neft debitlərini müqayisə edərək, quyunun

hidrodinamik tamamlanma əmsalını $\delta_1 = Q_1/Q$ -ni hesablamaq olar.



Şəkil 2 – Qrafiklər $\Gamma(x)$ və $\Pi(x)$
Figure 2 – Graphs $\Gamma(x)$ and $\Pi(x)$

Cədvəl 1 – Qamma funksiyası

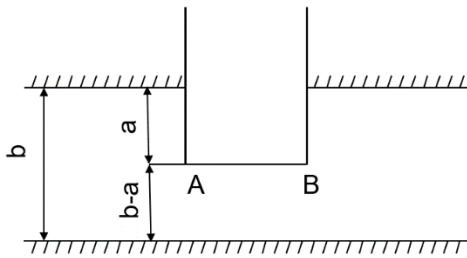
Table 1 – Gamma function

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1,00	1,00000	1,25	0,90640	1,50	0,88623	1,75	0,91906
01	0,99433	26	0,90440	51	0,88659	76	0,92137
02	0,98884	27	0,90250	52	0,88704	77	0,92376
03	0,98375	28	0,90072	53	0,88757	78	0,92623
04	0,97844	29	0,89904	54	0,88818	79	0,92877
1,05	0,97350	1,30	0,89747	1,55	0,88887	1,80	0,93138
06	0,96873	31	0,89600	56	0,88964	81	0,93408
07	0,96475	32	0,89464	57	0,89049	82	0,93685
08	0,95973	33	0,89338	58	0,89142	83	0,93969
09	0,96546	34	0,89222	59	0,89243	84	0,94261
1,10	0,96135	1,35	0,89115	1,60	0,89352	1,85	0,94561
11	0,94740	36	0,89018	61	0,89468	86	0,94839
12	0,94359	37	0,88931	62	0,89692	87	0,95184
13	0,93993	38	0,88854	63	0,89727	88	0,95517
14	0,93642	39	0,88785	64	0,89864	89	0,95838
1,15	0,93304	1,40	0,88726	1,65	0,90012	1,90	0,96177
16	0,92980	41	0,88676	66	0,90167	91	0,96523
17	0,92670	42	0,88636	67	0,90330	92	0,96877
18	0,92373	43	0,88604	68	0,90600	93	0,97240
19	0,92089	44	0,88581	69	0,90678	94	0,97610
1,20	0,91817	1,45	0,88560	1,70	0,90864	1,95	0,97988
21	0,91558	46	0,88660	71	0,91067	96	0,98374
22	0,91311	47	0,88563	72	0,91258	97	0,98768
23	0,91075	48	0,88676	73	0,91867	98	0,99171
24	0,90852	49	0,88596	74	0,91683	99	0,99581
1,25	0,90640	1,30	0,88623	1,75	0,91906	2,00	1,00000

$$Q_1 = \frac{2\pi kh(P_k^* - P_q^*)}{\mu \left\{ \frac{1}{2h} \left[2 \ln \frac{4b}{r_q} - \ln \frac{\Gamma(0,875h)\Gamma(0,125h)}{\Gamma(1-0,875h)\Gamma(1-0,125)} \right] + \ln \frac{R_k}{4b} \right\}} \quad (4)$$

$$\delta_1 = \frac{Q_1}{Q} = \frac{\ln \frac{R_k}{r_q}}{\frac{1}{2h} \left[2 \ln \frac{4b}{r_q} - \ln \frac{\Gamma(0,875h)\Gamma(0,125h)}{\Gamma(1-0,875h)\Gamma(1-0,125)} \right] + \ln \frac{R_k}{4b}} \quad (5)$$

Ədəbiyyat [1]-də, şəkil 2-də sxematik formada göstərilmiş quyu üçün təqribi düstur yuxarıdakı kimi qamma funksiyanın iştirakı ilə verilmişdir:



Şəkil 3 – Layın yuxarı a hissəsini açmış hidrodinamik natamam quyunun sxemi
Figure 3 – Schematic of a hydrodynamic incomplete well that opened the upper a part of the formation

Akademik Leybenzon L.S. verilmiş quyunun birinci yuxarı hissəsində süzülmə axını yastı-radial qəbul etmişdir, bu doğrudur (şək. 3). Quyunun ikinci aşağı hissəsində isə axını yarımsferik radial qəbul etmişdir; bu isə təqribi həlldir [9, 10].

Bu məqalədə isə yastı dibli quyunun dibinin çökək yarımsfera formasında qazılması təklif etmişdir və məsələnin dəqiq həlli göstərilmişdir. Bu məsələnin dəqiq həlli aşağıdakı kimi verilmişdir.

Məsələ 1. Dibi çökək yarımsfera şəkilli quyuya məhsuldar layın yuxarisından süzülən

qeyri-nyuton neftinin yastı-radial sadə süzülmə axını A.Krasnopolski qeyri-xətti qanunu ilə baş verir.

Bu qanun aşağıda verilmişdir:

$$v = c_1 \left(\frac{dP}{dr} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Burada, v – süzülmə sürəti, $\frac{dP}{dr}$ – təzyiq qradiyenti, $\frac{1}{2}$ – qüvvət üstüdür, c – süzülmə əmsalıdır.

Cari silindrik süzülmə səthinin sahəsi aşağıdakı kimi olur:

$$F_1 = 2\pi rh \quad (7)$$

Burada, $\pi = 3,14$; r – cari radius-vektor, h – layın açılmış yuxarı hissəsinin qalınlığıdır.

Düsturlar (6) və (7)-dən alırıq:

$$q_1 = V \cdot F_1 = 2\pi rh \cdot c_1 \left(\frac{dP}{dr} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Burada, Q_1 – layın yuxarı hissəsinin debitidir.

Differensial tənlik (8)-i dəyişənlərinə ayıraraq inteqrallasaq aşağıdakıları alırıq:

$$\frac{Q_1}{2\pi h} = r \left(\frac{dP}{dr} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$\left(\frac{Q_1}{2\pi hc_1}\right)^2 = r^2 \frac{dP}{dr}, \left(\frac{Q_1}{2\pi hc_1}\right)^2 \frac{dr}{r^2} = dP, \quad (10)$$

$$\int_{P_q}^{P_k} dP = \left(\frac{Q_1}{2\pi hc_1}\right)^2 \int_{r_q}^{R_k} \frac{dr}{r}$$

$$P_k - P_q = \left(\frac{Q_1}{2\pi hc_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{r_q} - \frac{1}{R_k}\right)$$

Buradan alırıq:

$$Q_1 = 2\pi hc_1 \sqrt{\frac{P_k - P_q}{\frac{1}{r_q} - \frac{1}{R_k}}} \quad (11)$$

Düstur (11) ilə layın yuxarı hissəsindən quyuya süzülən qeyri-nyuton neftinin debiti hesablanır.

Məsələ 2. Dibi çökək yarımşfera səthi olan quyuya layın aşağı hissəsindən süzülən qeyri-nyuton neftinin yarımşferik-radial sadə süzülmə axını da A.Krasnopolski qeyri-xətti qanunu ilə baş verir; burada axın xətləri radial düz xətlərdir, ekvipotensial konsentrik səthlər yarımşferik şəkildədirlər. Burada da süzülmə qanunu düstur (6) ilə ifadə olunur; cari yarımşferik süzülmə səthinin sahəsi isə belə olur:

$$F_2 = 2\pi r^2 \quad (12)$$

Düsturlar (11) və (12)-dən alırıq:

$$Q_2 = vF_2 = 2\pi r^2 c \left(\frac{dP}{dr}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

Burada, Q_2 – layın aşağı hissəsinin debitidir.

Əgər diferensial tənlik (13)-ü dəyişənlərinə ayırıb inteqrallasaq aşağıdakıları alırıq:

$$\frac{Q_2}{2\pi c_2} = r^2 \left(\frac{dP}{dr}\right)^{\frac{1}{2}}, \left(\frac{Q_2}{2\pi c_2}\right)^2 = r^4 \frac{dP}{dr} \quad (14)$$

$$\left(\frac{Q_2}{2\pi c_2}\right)^2 \frac{dr}{r^4} = dP$$

$$\int_{P_q}^{P_k} dP = \left(\frac{Q_2}{2\pi c_2}\right)^2 \int_{r_q}^{R_k} \frac{dr}{r^4} \quad (15)$$

$$P_k - P_q = \left(\frac{Q_2}{2\pi c_2}\right)^2 \frac{1}{3} \left(\frac{1}{r_q^3} - \frac{1}{R_k^3}\right)$$

Buradan alırıq:

$$Q_2 = 2\pi c_2 \sqrt{3} \sqrt{\frac{P_k - P_q}{\frac{1}{r_q^3} - \frac{1}{R_k^3}}} \quad (16)$$

Bu düsturla layın aşağı hissəsindən quyuya süzülən qeyri-nyuton neftinin debitini hesablamaq olar [10].

Düstur (11)-dan Q_1 debitini düstur (16)-dəki debitlə cəmləyərək çökək yarımşfera şəkilli dibi olan quyunun dəqiq tam debitini təyin edirik:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 2\pi \sqrt{P_k - P_q} \left(\frac{hc_1}{\sqrt{\frac{1}{r_q} - \frac{1}{R_k}}} + \frac{\sqrt{3}c_2}{\sqrt{\frac{1}{r_q^3} - \frac{1}{R_k^3}}} \right) \quad (17)$$

Beləliklə, iki müxtəlif stasionar hidrodinamik məsələlər həll edilmişdir və layın hər iki hissəsi üçün ayrı-ayrılıqda debit düsturları çıxarılmışdır. Bu iki quyunun debitlər cəmlənərək verilmiş yastı dibli quyunun tam dəqiq debit düsturları çıxarılmışdır. Bunun da yataqların işlənmə layihəsinin tərtibində istifadəsi məqsədyönlüdür.

Nəticə

Məqalədə yastı dibli, layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik natamam quyu, dibi çökək yarımşfera şəklində olan quyu ilə əvəz edilmişdir və verilmiş quyunun dəqiq tam debit düsturu çıxarılmışdır.

Burada məhsuldar lay qeyri-nyuton neftlə doymuşdur və iki hissədən ibarədir: yuxarı hissədə yastı-radial sadə süzülmə axını

baş verir, aşağı hissədə isə mürəkkəb süzülmə axını baş verir.

Bu süzülmə axınları A.Krasnopolski qeyri-xətti süzülmə qanununa tabedirlər.

Övzləmədən sonra, layın aşağı hissəsində yarımşferik-radial sadə süzülmə axını baş verir və axın xətləri radial düz xətlərdirlər, ekvipotensial səthlər isə konsentrik yarımşferalardan ibarətdir.

İki müxtəlif stasionar hidrodinamik məsələlər həll edilmişdir və layın hər iki

hissəsi üçün debit düsturları çıxarılmışdır. Nəticədə bu iki müxtəlif debitlər cəmlənərək, quyunun tam dəqiq debit düsturu təyin olunmuşdur.

Maraqlar münaqişəsi

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

REFERENCES

1. **Shchelkachev V.N., Lapuk B.B.** Underground hydraulics. Moscow-Leningrad: Gostoptekhizdat, 1949, 523 p.
2. **Tykhachev G.B., Isaev R.G.** Underground hydraulics. Moscow: Nedra, 1973, 359 p.
3. **Charny I.A.** Underground hydrodynamics. Moscow: Gostoptekhizdat, 1963, 396 p.
4. **Cristea N.** Underground hydraulics. Moscow: Gostoptekhizdat, 1961, 343 p.
5. **Mammadova G.G.** Determination of well precise debit equation in the great thick layers. Hodja Ahmet Yassawi 4th international conference on scientific research february 12-13, 2022 Ankara, Turkey, pp. 811-815
6. **Salavatov T.Sh., Mamedova G.G.** Comparative analysis of indicators for the development of marine fields of two different characteristics of oil. Construction of oil and gas wells for land and sea, Moscow: VNIIOENG, № 1, 2019, pp.58-60
7. **Bronshtein I.N., Semendyaev K.A.** Handbook of mathematics for engineers and university students. Joint publication. Taibner Publishing House, Leipzur, Moscow: Nedra, Main Editorial Office of Physics and Mathematics Literature, 1981, 719 p.
8. **Mammadova G.G., Abbasova S.V.** Determination of the formula for the exact oil flow rate of a production well in thick Newtonian oil reservoirs // NEWS of Azerbaijan Higher technical schools, 2023, vol. 25, №4(144), pp. 10-16
9. **Aliyeva O.A., Aliyev A.S.** Calculation of the flow rate of a gasdynamically imperfect production well according to the degree of formation penetration in underground gas storages (UGS) // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2023, vol. 15 (2), pp. 59-63
10. **Dadashzade M.A., Mammadova G.G.** The influence of the skin factor on the production of the exploitation well // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2023, vol. 15 (4), pp. 26-31