

Layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik natamam quyunun dəqiq debit düsturunun çıxarılması

R.A. Quliyev, t.ü.f.d.¹,
V.B. Xanəliyev, t.ü.f.d.²
1"Abşeronneft" NQÇİ,
2"28 May" NQÇİ

Açar sözlər: hidrodinamik tamamlanmış və tamamlanmamış quyular, debit düsturu, layın açılma dərəcəsi və xarakteri, yastı dib, çökək yarımşferik dib, qamma-funksiya, yastı-radial, yarımşferik-radial, mürəkkəb süzülmə.

e-mail: vuqar.b.xaneliyev@socar.az

DOI.10.37474/0365-8554/2022-04-23-27

Вывод формулы точного дебита гидродинамически несовершенной по степени вскрытия пласта скважины

Development of the formula of accurate recovery rate of hydrodynamically incomplete well by penetration degree

R.A. Guliyev, d.f.t.n.¹, V.B. Khanaliyev, d.f.t.n.²
1"НГДУ "Абшероннефть",
2"НГДУ "28 Мая"

R.A. Guliyev, PhD in Tech. Sc.¹, V.B. Khanaliyev, PhD in Tech. Sc.²
1"Absheronneft" OGPД,
2"28 May" OGPД

Ключевые слова: гидродинамически совершенная и несовершенная скважины, формула дебита, степень и характер вскрытия пласта, плоское дно, вогнутое полусферическое дно, гамма-функция, плоско радиальная, полусферически-радиальная, сложная фильтрация.

Keywords: hydrodynamically complete and incomplete wells, the formula of recovery rate, degree and nature of penetration, plane bed, incurved hemispheric bed, gamma-function, plane radial, hemispheric radial, complicated filtration.

Изложены способы вскрытия продуктивного пласта. Отмечено, что в пластах большой толщины скважины бывают плоскодонными и гидродинамически несовершенными по степени вскрытия пласта. Для таких скважин формула точного дебита нефти до настоящего времени не выводилась; однако предложены приближенные неточные формулы, имеющие погрешности, из которых, в одной формуле использована гамма-функция. Эта функция в справочных книгах представлена в виде таблицы (т.е. табулирована). Из-за сложности полученной формулы в сети разработки с рядами скважин решение теоретических задач разработки затрудняется. В другом приближенном методе, сложный поток фильтрации в нижней части залежи был принят как полусферически-радиальный простой поток.

The paper presents the methods of penetration of the productive layer. It is noted that the wells in the layers with high thickness are of plane bed and hydrodynamically incomplete by the penetration degree. The formula for an accurate oil recovery rate for such wells has not been developed so far. However, the approximate inaccurate formulas with errors, in one of which a gamma-function is used are suggested. In the reference books, this function is presented in the form of a Table (i.e. tabulated). Due to the complicity of obtained formula in the borehole set, the solution of theoretic tasks becomes difficult. The complicated filtration flow in the lower part of the deposit in the other approximate method was considered a hemispheric-radial simple flow.

Изложено объяснение предложенной точной формулы дебита таких скважин; здесь плоский забой скважины заменен вогнутой полусферической поверхностью. Залежь разделена на две части; в верхней части происходит плоско радиальный простой поток нефти, а в нижней полусферически-радиальный простой поток.

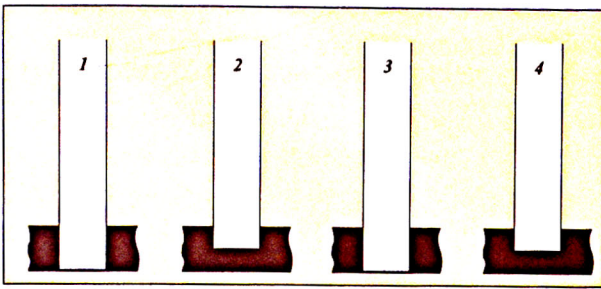
The details of the suggested accurate formula for the oil recovery rate of the wells are provided; the plane bottom hole of the well is substituted with an incurved hemispheric surface here. The deposit is divided into two parts: plane radial simple oil flow occurs in the upper part, and hemispheric-radial simple flow in the lower part of it.

Для получения формулы точного полного дебита нефти этой скважины, решены две различные стационарные гидродинамические задачи и они суммированы.

To obtain the formula for the accurate complete oil recovery rate of this well, two different stationary hydrodynamic tasks have been solved and summarized as well.

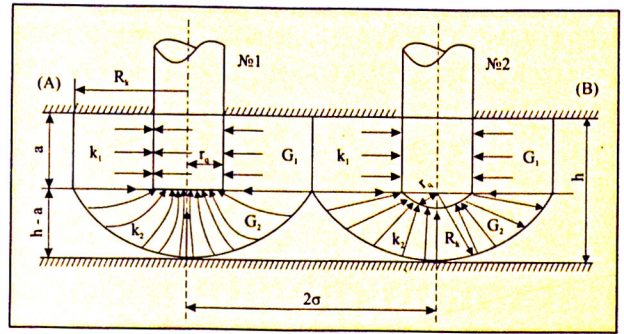
Məlumdur ki, istismar və vurucu quyular qazılarda, lay aşağıdakı dörd üsuldan biri ilə açılır. Həmin quyular neftqazıxarma elmində aşağıdakı kimi adlandırılmışdır: layın açılma dərəcəsi və xarakterinə görə hidrodinamik tamamlanmış; layın açılma dərəcəsinə görə tamamlanmamış, açılma xarakterinə görə isə tamamlanmış; layın açılma dərəcəsinə görə tamamlanmış, açılma xarakterinə görə isə tamamlanmamış; layın açılma dərəcəsi və xarakterinə görə hidrodinamik tamamlanmamış. Bu quyuların sxematik cizgiləri şəkil 1-də təqdim edilmişdir.

Quyudibinin həndəsi formasının müxtəlifliyinə görə quyular iki cür olur: yastı dibli; çökək yarımşferik şəkilli dibə malik olan.



Şəkil 1. Quyuların sxematik cizgiləri:

1 – layın açılma dərəcəsinə və açılma xarakterinə görə tamamlanmış; 2 – layın açılma dərəcəsinə görə tamamlanmamış, açılma xarakterinə görə tamamlanmış; 3 – layın açılma dərəcəsinə görə tamamlanmış, açılma xarakterinə görə isə tamamlanmamış; 4 – layın açılma dərəcəsinə və açılma xarakterinə görə tamamlanmamış quyu



Şəkil 2. Diblərinin həndəsi forması müxtəlif olan iki quyunun sxematik təsviri:

1 – yastı dibli; 2 – çökək yarımsferik şəkilli

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	0.98355	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	0.96874	31	0.89600	56	0.88964	81	0.93408
07	0.96415	32	0.89464	57	0.89049	82	0.93685
08	0.95973	33	0.89338	58	0.89142	83	0.93969
09	0.95546	34	0.89222	59	0.89243	84	0.94261
1.10	0.95135	1.35	0.89115	1.60	0.89352	1.85	0.94561
11	0.94740	36	0.89018	61	0.89468	86	0.94869
12	0.94359	37	0.88931	62	0.89592	87	0.95184
13	0.93993	38	0.88854	63	0.89724	88	0.95507
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	0.90500	93	0.97240
19	0.92089	44	0.88581	69	0.90678	94	0.97610
1.20	0.91817	1.45	0.88566	1.70	0.90864	1.95	0.97988
21	0.91558	46	0.88560	71	0.91057	96	0.98374
22	0.91311	47	0.88563	72	0.91258	97	0.98768
23	0.91075	48	0.88575	73	0.91467	98	0.99171
24	0.90852	49	0.88595	74	0.91683	99	0.99581
1.25	0.90640	1.50	0.88623	1.75	0.91906	2.00	1.00000

Bu quyuların sxematik cizgiləri şəkil 2-də verilmişdir. Hər iki quyu layın açılma dərəcəsinə görə tamamlanmamış, xarakterinə görə isə tamamlanmışdır. Şəkildə aşağıdakı şərti işarələr göstərilmişdir: R_k – qidalanma konturunun radiusu; r_q – quyunun radiusu; h – layın qalınlığı; 2σ – quyular arasındakı məsafə; k_1, k_2 – uyğun olaraq layın yuxarı və aşağı hissələrinin faza keçiricilikləri; G_1, G_2 – uyğun olaraq layın yuxarı və aşağı hissələrindəki özlü-plastik neftin başlanğıc təzyiqlik qradientləridir (BTQ).

Şəkil 2-dən görünür ki, hər iki quyu üzrə layın yuxarı hissəsində yastı-radial sadə süzülmə axını baş verir.

1 №-li quyu üzrə layın aşağı hissəsində mürəkkəb süzülmə axını baş verir. Burada axın xətləri radial düz xətlər deyil, müxtəlif əyrilikli xətlərdir. İzobar əyri xətləri isə axın əyri xətlərinə nisbətən normal vəziyyətdədir. Burada ekvipotensial konsentrik səthlər yarımşferik olmalıdır. 1 №-li quyu üçün hələ indiyədək dəqiq debit düsturunun çıxarılması mümkün olmamış, təqribi düsturlar çıxarılmışdır [1]. Layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik tamamlanmamış, dibi yastı olan 1 №-li quyu üçün çıxarılmış təqribi debit düsturu aşağıdakı şəkildə alınmışdır:

$$Q = \frac{2\pi kh(p_k^* - p_q^*)}{\mu \left\{ \frac{1}{2h} \left[2 \ln \frac{4h}{r_q} - \ln \frac{\Gamma(0.875h) \cdot \Gamma(0.125h)}{\Gamma(1-0.875h) \cdot \Gamma(1-0.125h)} \right] + \ln \frac{R_k}{4h} \right\}} \quad (1)$$

Düstur (1) Nyuton mayesi olan hal üçün çıxarılmışdır.

$x < 1$ ($x \neq 0; -1; -2, \dots$) və $x > 2$ üçün aşağıdakı düsturlar hesablanır:

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

$$\Gamma(x) = (x-1) \cdot \Gamma(x-1) \quad (3)$$

Düstur (1)-də $\Gamma - x$ -nin qamma funksiyasının işarəsidir. $\Gamma(x)$ funksiyası bir çox riyaziyyat sorğu kitablarında cədvəl şəklində salınmışdır. Məsələn, [6] sorğu kitabında qamma funksiyasının cədvəli verilmişdir. Burada x -in 1-dən 2-dək qiymətləri üçün $\Gamma(x)$ -in uyğun qiymətləri verilmişdir (cədvəl).

Bu üsulun mənfə cəhətlərindən biri onun təqribi və mürəkkəb quruluşa malik olmasıdır. Digər tərəfdən, bu debit düsturu quyular cərgəsilə istismar edilən qalınlığı böyük olan məhsuldar laylarda çətinliklər yaradır.

Digər bir təqribi debit düsturunu akademik L.S. Leybenzon təklif etmişdir. O, sadəcə olaraq, şəkil 2-də göstərilmiş 1 №-li yastı dibli quyuda layın aşağı hissəsindəki mürəkkəb süzülmə axınını sadə yarımşferik-radial axın kimi qəbul etmişdir.

Bu problemin həlli üçün ən sadə üsul S.D. Mustafayev tərəfindən təklif edilmişdir. O, layın açılma dərəcəsinin hidrodinamik tamamlanmamış olduğu 1 №-li quyunun yastı dibini çökək yarımşferik səthlə əvəz etmiş, alınmış 2 №-li quyu üçün iki müxtəlif stasionar hidrodinamik məsələni həll etmiş və işlənmə göstəricilərinin hesablamada düsturlarını çıxarmışdır [1–5].

1. Quyunun verdiyi məhsul lay şəraitində özlü-plastik neft olduğu üçün süzülmə prosesi aşağıdakı ümumiləşdirilmiş Darsi qanununa tabe olur:

$$v = \frac{k}{\eta} \left(\frac{dp}{dr} - G_1 \right) \quad (4)$$

Burada süzülmə axını sadə yastı-radialdır.

Cari silindrik süzülmə səthinin sahəsi olur:

$$F_1 = 2\pi r h \quad (5)$$

Quyunun debiti layın yuxarı hissəsində və süzülmə sürəti ilə F_1 sahəsinin hasilinə bərabər olduğu üçün yazırıq:

$$Q = vF_1 = \frac{2\pi k_1 ar}{\eta} \left(\frac{dp}{dr} - G_1 \right).$$

Buradan aşağıdakı diferensial tənliyi alırıq:

$$dp = \frac{Q_1 \eta}{2\pi a k_1} \cdot \frac{dr}{r} + G_1 dr. \quad (6)$$

Bu tənliyi $p_k \rightarrow p_q$ və $R_k \rightarrow r_q$ intervallarında inteqrallayıb, quyunun layın yuxarı hissəsindəki debit düsturunu alırıq:

$$Q_1 = \frac{2\pi k_1 a}{\eta \ln \frac{R_k}{r_q}} \left[(p_k - p_q) - G_1 (R_k - r_q) \right]. \quad (7)$$

2. Layın aşağı hissəsində də süzülmə qanunu ümumiləşdirilmiş Darsidir; (4) düsturundakı kimidir. Burada yarımşferik sadə süzülmə axını baş verir.

Cari yarımşferik süzülmə səthinin sahəsi:

$$F_2 = 2\pi r^2.$$

Quyunun layın aşağı hissəsindəki debiti:

$$Q_2 = vF_2 = \frac{2\pi k r^2}{\eta} \left(\frac{dp}{dr} - G_2 \right).$$

Buradan aşağıdakı diferensial tənlik alınır:

$$dp = \frac{Q_2 \eta}{2\pi k_2} \cdot \frac{dr}{r^2} + G_2 \frac{dr}{r^2}. \quad (8)$$

Bu diferensial tənliyi aşağıdakı hədlərdə inteqrallasaq, quyunun layın aşağı hissəsindəki debit düsturunu alırıq:

$$Q_2 = \frac{2\pi k}{\eta \left(\frac{1}{r_q} - \frac{1}{R_k} \right)} \left[(p_k - p_q) - G_2 (R_k - r_q) \right]. \quad (9)$$

Şəkil 2-də təqdim edilmiş 2 №-li quyunun tam debit düsturu olacaq:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{2\pi}{\eta} \left\{ \begin{aligned} & \frac{k_1 a}{\ln \frac{R_k}{r_q}} \left[(p_k - p_q) - G_1 (R_k - r_q) \right] + \\ & \frac{k_2}{\left(\frac{1}{r_q} - \frac{1}{R_k} \right)} \left[(p_k - p_q) - G_2 (R_k - r_q) \right] \end{aligned} \right\}. \quad (10)$$

Düstur (10) layın açılma dərəcəsinə görə tamamlanmamış 2 №-li quyunun tam neft debitini dəqiq hesablamaq üçündür.

Nəticə

1. Layın açılması üsulları barədə ətraflı məlumat verilmişdir. Qeyd edilmişdir ki, böyük qalınlıqlı məhsuldar layda qazılmış yastı dibli və layın açılma dərəcəsinə görə hidrodinamik natamam quyunun dəqiq debit düsturu indiyədək çıxarılmamışdır.
2. Belə quyular üçün bir neçə təqribi debit düsturu təklif edilmişdir, lakin onların xətalı var.
3. Quyuların dəqiq debit düsturunun təklif edilməsi üsulu izah edilmişdir. Burada quyunun yastı dibi çökək yarımsferik dible əvəz edilmişdir.
4. Yataq iki hissəyə ayrılmışdır: yuxarı hissədə yastı radial, aşağı hissədə isə yarımsferik-radial sadə süzülmə axınları baş verir.
5. Quyunun tam və dəqiq debit düsturunu almaq məqsədilə iki stasionar hidrodinamik məsələ həll edilmiş və hər bir axın üçün ayrı debit düsturları cəmlənmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Щелкачев В.Н., Лалук Б.Б. Подземная гидравлика. – Москва-Ленинград: Гостоптехиздат, 1949, с. 256-284.
2. Пыхачев Г.Б. Подземная гидравлика. – М.: Гостоптехиздат, 1961, с. 128-154.
3. Пыхачев Г.Б., Исаев Р.Г. Подземная гидравлика. – М.: Гостоптехиздат, 1973, с. 207-226.
4. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. – М.: Гостоптехиздат, 1963, с. 117-156.
5. Кристеа Н. Подземная гидравлика, т. 1. – М.: Гостоптехиздат, 1961, с. 153-198.
6. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1981, с. 68.
7. Мустафаев С.Д., Алиева М.Г. Влияние профиля бурящихся скважин на решение теоретических задач разработки нефтяных месторождений // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2015, № 9, с. 14-17.

References

1. Shchelkachev V.N., Lapuk B.B. Podzemnaya gidravlika. – Moskwa-Leningrad: Gostoptekhizdat, 1949, s. 256-284.
2. Pykhachev G.B. Podzemnaya gidravlika. – M.: Gostoptekhizdat, 1961, s. 128-154.
3. Pykhachev G.B., Isayev R.G. Podzemnaya gidravlika. – M.: Gostoptekhizdat, 1973, s. 207-226.
4. Charniy I.A. Podzemnaya gidrogazodinamika. – M.: Gostoptekhizdat, 1963, s. 117-156.
5. Kristea N. Podzemnaya gidravlika, t.1. – M.: Gostoptekhizdat, 1961, s. 153-198.
6. Bronshteyn I.N., Semendiyev K.A. Spravochnik po matematike. – M.: Nauka, 1981, s. 68.
7. Mustafayev S.D., Aliyeva M.G. Vliyaniye profilya buryashchikhnya skvazhin na reshenie teoreticheskikh zadach razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy // Azerbaidzhanskoe neftyanoe khozaistvo, 2015, No 9, s. 14-17.