

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 3, Number 301 (2015), 49 – 54

UDC 622.32

**Engineering method of hydrodynamic calculations of network
of technological wells in oil production from flooding**

Esimkhanova A.K.

esimhanova@mail.ru

Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev

Key words: viscous oil production wells, injection wells, submersible pumps, porous medium, stationary mode, flooding reservoirs, production rate, the reservoir.

Abstract: Modern mining companies that produce viscous oil by flooding operation are accounted up to 600 technological production and injection wells. During the complicated simultaneous operation of the number of technological wells there appears problem of calculating the filtration (hydrodynamics) of oil and water in the reservoir.

Basic laws of fluid flow at plane-radial moving in a potential field pressure in unlimited flat space between two impermeable horizons - top and a bottom of the oil reservoir. It is clear that the liquid (oil + water) - agent moves in a porous medium layer under the action of the pressure difference created by the pressure pumps on the stored pressure wells with submersible pumps on wells.

Suppose that on the NDU has N - well, N_{ac} - mining and N_{nc} -injection traveled to any scheme and with any parameters. It is clear that when you turn to the work of all N wells after a certain time in the reservoir is established complex vector field $V(x, y, z)$ the velocity of fluid flow and scalar field $H(x, y)$ - potential head. And the magnitude of the depression on the DS - ξ_0 and compression $NA - S_H$ depends on all of N - interacting wells.

**Инженерный метод гидродинамического расчета сетей
технологических скважин при добыче нефти с заводнением**

Есимханова А.К.

esimhanova@mail.ru

КазНТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан

Ключевые слова: вязкая нефть, добывающие скважины, нагнетательные скважины, погружные насосы, пористая среда, стационарный режим, заводнение пластов, дебит скважины, продуктивный пласт.

Аннотация: Современные добывающие вязкую нефть предприятия способом заводнения насчитывают в одновременной работе до 600 технологических добывающих и нагнетательных скважин. При одновременной работе такого числа технологических скважин возникает сложная проблема расчета фильтрации (гидродинамики) нефти и воды в продуктивном пласте.

Жидкость (нефть+вода) – реагент движется в пористой среде пласта под действием разницы напора, создаваемого нагнетательными насосами на закачных скважинах, погружными насосами на добывающих скважинах.

Пусть на НДУ имеется N – скважин, N_{dc} – добывающих и N_{nc} – нагнетательных, пройденных по любой схеме и с любыми параметрами.

Ясно, что при включении в работу всех N скважин через определенное время в продуктивном пласте устанавливается сложное векторное поле $\vec{V}(x, y, z)$ скоростей фильтрации жидкости и скалярное поле $H(x, y)$ – потенциалов напора. Причем величина депрессии на ДС – S_0 и компрессии НС – S_H зависит от всех N взаимодействующих скважин.

Если на эксплуатационном участке (НДУ) ПВ действует одновременно N скважин, то известно приближенное решение для определения напора в любой точке x_j, y_j плоскости (XOY) в виде [9]:

$$H(x, y, t) = \frac{10^2}{2\pi MK_\phi} \sum_{j=1}^N Q_j \ln \frac{a \cdot t}{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2} + H_{ст}, \text{ м}, \quad (1)$$

где M – мощность нефтяного пласта, м;

K_ϕ – коэффициент фильтрации пород пласта, м/сутки;

a – коэффициент пьезопроводности, м²/сутки; $2,0 \div 4,0 \cdot 10^{-5}$ м²/сут;

x_j, y_j, Q_j – координаты и дебиты скважин соответственно в м и м³/сутки;

$H_{ст}$ – статистический напор (пластовое давление) в нефтеносном пласте, м;

$0 < t \leq T^*$ – время, сут;

Ясно, что функция $H(x, y)$ является скалярным полем, описывающим состояние напора в пласте в каждой точке плоскости x, y и в фиксированный момент времени t .

Ранее нами получена формула для определения средней действительной скорости фильтрации раствора по любой линии тока в виде:

$$\bar{V}_\phi = \frac{1,157 \cdot n \cdot \bar{K}_\phi (S_n + S_o) \ln \left(\ln \frac{x}{R_c} \right)}{\bar{K}_n \cdot 10^2 \cdot x}, \text{ м/сут}. \quad (2)$$

где $n = \frac{N_{нс}}{N_{ос}}$ – параметр;

\bar{K}_ϕ – средний коэффициент фильтрации продуктивного пласта по линии тока, длиной R_{i-j} , м/сут;

\bar{K}_n – средняя эффективная пористость пласта, доли ед;

S_o, S_n – депрессия и компрессия на $N_{дс}$ и $N_{нс}$, м;

R_c – диаметр скважин, м;

$x = R_{i-j}$, м;

$R_{i-j} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$, м

- радиус питания, расстояние между скважинами $i-j$.

Зная \bar{V}_{i-j} , можно определить время, за которое фильтруется жидкость от скважины i и достигает скважины j

$$t_{i-j} = \frac{R_{i-j}}{\bar{V}_{i-j}} = \frac{10^2 \cdot R_{i-j}^2 \cdot \bar{K}_n}{1,157 \bar{K}_{\phi i-j} \Delta P_{i-j} \ln \left(\ln \frac{R_{i-j}}{R_c} \right)}. \quad (3)$$

Произведем некоторый предварительный численный анализ зависимости (3) для условий месторождений «_____».

Пусть дано: $\Delta P_{i-j} = n \cdot (S_n + S_o) = 145,4$ м, $S_n = 47$ м, $S_o = 5$ м, $\bar{K}_n = 0,25$; $\bar{K}_{\phi i-j} = 6,2$ м/сут, $R_{i-j} = \{40; 80; 100; 200; 500; 1000; 1500; 2000\}$. Схема гексагональная с радиусом ячейки $R = 40$ м и радиусе скважин $R_c = 0,08$ м. Причем S_n – компрессия и S_o – депрессия на нагнетательной и добывающей скважинах. Результаты подсчетов по (3) приведены в таблице 1.

Таблица 1

R_{i-j} , м	40	80	100	200	500	1000	1500	2000
$\ln \left(\ln \frac{R_{i-j}}{R_c} \right)$	1,83	1,93	1,96	2,05	2,17	2,24	2,29	2,31
R_{i-j}^2	1600	6400	10000	40000	250000	$1 \cdot 10^6$	$2,25 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$
t_{i-j} , сут	21	79,5	122,3	467,7	2761,4	10700	23550	41505

Если принять условно средний срок отработки НДУ 4 года, то при $t_{i-j} \leq 1460$ суток получим:

$$\begin{aligned}
 a_{i-j} &= 0 \text{ при } i = j; \\
 a_{i-j} &= a_{j-i}; \\
 a_{i-j} &< 0 - \text{ для закачных скважин}; \\
 a_{i-j} &> 0 - \text{ для откачных скважин}; \\
 \Delta P_i &> 0 - \text{ для закачных скважин}; \\
 \Delta P_j &< 0 - \text{ для откачных скважин}.
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Анализ матрицы A и ΔP коэффициентов a_{i-j} и давлений ΔP_i в виде:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11}; a_{12}; \dots; a_{1N} \\ a_{21}; a_{22}; \dots; a_{2N} \\ \dots \\ a_{N_3 1}; a_{N_3 2}; \dots; a_{N_3 N} \\ \dots \\ a_{N_3 1}; a_{N_3 2}; \dots; a_N \end{pmatrix}, \Delta P = \begin{pmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta P_2 \\ \dots \\ \Delta P_{N_3} \\ \dots \\ \Delta P_N \end{pmatrix}
 \tag{12}$$

показывает, исходя из условий взаимодействия источников $\{1, 2, \dots, N_{зс}\}$ и стоков $\{1, 2, \dots, N_{ос}\}$ они делятся на следующие области по знакам (таблица 2).

Таблица 2

1. $a_{i-j} < 0$ для НС	2. $a_{i-j} > 0$ для ДС	3. $\Delta P_j > 0$ для НС
4. $a_{i-j} > 0$ для ДС	5. $a_{i-j} < 0$ для НС	6. $\Delta P_j < 0$ для ДС

Всего в матрице B число коэффициентов a_{i-j} равно $N \cdot N$ и число членов в столбце ΔP равно N .

В первом секторе – 1 обозначены коэффициенты для источников, поэтому они принимаются со знаком -, во втором секторе – 2 a_{i-j} принимаются со знаком +, а депрессии на НС $\Delta P_j > 0$ со знаком + в секторе 3.

В секторах 4, 5 и 6 все знаки принимаются наоборот (таблица 3.5).

Следует также обратить внимание на следующие очень важные свойства системы уравнений (10) и выражения (7).

Величина a_{i-j} достаточно стабильна по отношению к радиусу питания R_{i-j} .

Например, для $R_{i-j}^* \leq 160$ м (7), установленной нами выше, имеем при прочих равных условиях:

$$\frac{\hat{a}_{i-j}}{a_{i-j}} = \frac{\ln \frac{166}{0,08}}{\ln \frac{40}{0,08}} = \frac{7,6}{6,2} = 1,16,
 \tag{13}$$

где \hat{a}_{i-j} и a_{i-j} - максимальные и минимальные значения соответственно.

Из условия (13) видно, что верхнее и нижнее значение коэффициентов a_{i-j} различаются всего на 16 %.

Примем величину

$$\bar{a}_{i-j} = \frac{\hat{a}_{i-j} + a_{i-j}}{2}
 \tag{14}$$

за среднюю проводимость всех дуг сетевого графа.

нагнетательной и добывающей скважиной напор ($S_{нн} + S_o$) и суммарный для всех n НС ($S_n + S_o$). Пусть, например, в треугольной ячейке имеем три нагнетательных и одну добывающую скважину в центре треугольника. Тогда можно записать при равных напорах на нагнетательных скважинах:

$$Q_{oc} = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

А складывая равные проводимости дуг $\frac{1}{a}$, получим для добывающей скважины по (23):

$$Q_{oc} = \frac{3 \cdot (S_n + S_o)}{a}.$$

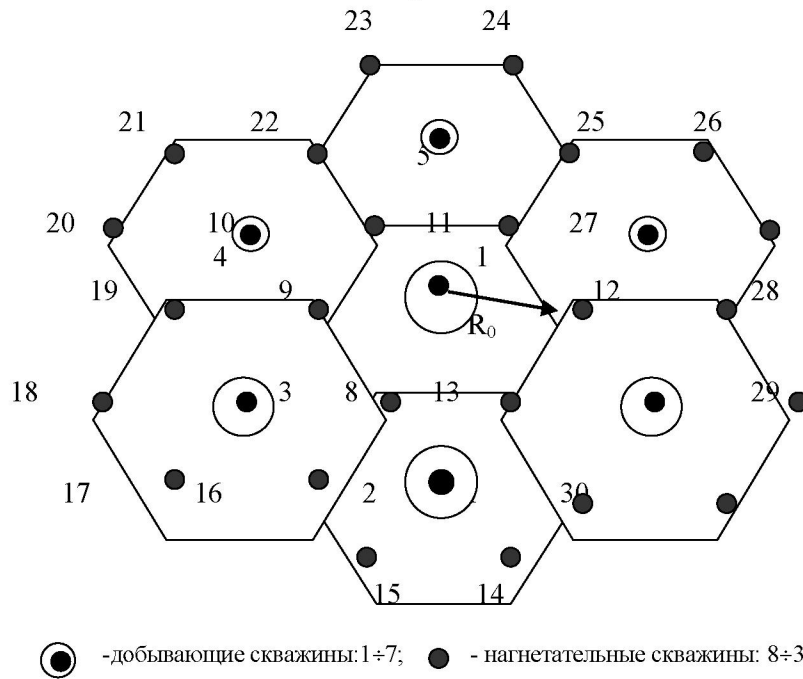


Рисунок 3.7 - Гексагональная сеть.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рогов Е.И., Рогов А.Е., Орынгожин Е.С. Теория заводнения в нефтедобыче, Алматы 2013г.
- [2] Маскет М. Физические основы технологии добычи нефти. М.: Гостоптехиздание 1953.- 606 с.
- [3] Бэр Я., Заславский Д., Ирмей С. Физико-математические основы фильтраций М.: Мир, 1971.-415 с.
- [4] Чарный И.А. Подземная гидромеханика. М.: Наука. 1963.-368с.

REFERENCES

- [1] Rogov E.I., Rogov A.E., Oryngozhin E.S. Theory of flooding in oil, Almaty 2013.
- [2] Masket M. Physical basis of petroleum engineering. M.: Gostoptehizdanie 1953.- 606 p.
- [3] Bzr Ya., Zaslavsky D., Irmey S. Physical and mathematical foundations filtrations M.: Mir, 1971, 415 p.
- [4] Charny I.A. Underground fluid mechanics. M.: Nauka. 1963.-368 p.

Мұнайды су айдау әдісі кезіндегі технологиялық ұңғымалар сеткаларының гидродинамикалық есептерінің инженерлік әдісі

Есимханова А.К.

esimhanova@mail.ru

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, К. Тұрысов атындағы Геология және Мұнай-газ ісі институты. Алматы қ., Қазақстан Республикасы

Кілт сөздер: тұтқырлы мұнай, өндіру ұңғымалары, айдау ұңғымалары, батпалы сораптар, кеуекті орта, стационарлы режим, қабаттардың сулануы, ұңғыма пығымы, өнімді қабат.

Аннотация. Бұл мақалада заманауи тұрғыда бірегей 600 айдау және өндіру ұңғымаларын қолданып, су айдау арқылы тұтқырлы мұнайды өндіру қарастырылған. Бірегей технологиялық ұңғымалармен өндіру кезінде өнімді қабаттарда мұнайдың фильтрация есебі кезінде қиыншылықтар кездеседі.

Поступила 25.04.2015 г.