

JUSTIFICATION OF THE PERFORMANCE PRODUCING WELLS OF TIME

A. K. Esimkhanova, A. M. Akimbekova, L. B. Sabirova, E. I. Rogov

Kazakh National Technical University named after K. I. Satpayev.

E-mail: esimhanova_a@mail.ru gu4a81@mail.ru, leyla_b@mail.ru

Keywords: flooding, deformation of the array, the model volume of oil production, mining, filtration, cell extraction wells, injection wells, the performance of oil physical processes.

Abstract. Any physical process is subject to some fundamental laws of nature - conservation of mass, energy, deformation array of fluid filtration, etc. For solve specific tasks despite the complexity and diversity of the physical processes occurring in the rock mass during the mining we use mathematical models. This article describes a mathematical model of the volume of oil production from areas with flooding as for example. The model is constructed and implemented in continuous space. H^k for different states of the qualitative characteristics of the space and the unit. Reducible model is original and has an independent practical significance.

Based on the hydrodynamic laws governing the formation of the current lines in the cells of any system location of injection and production wells, production wells performance function, we assume exponential.

The task of theoretical and statistical definition of parameters and T_1 is quite complex and probably has a number of ways to solve it. Below we offer one of the possible solutions of this problem.

ОБОСНОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ ОТ ВРЕМЕНИ

А. К. Есимханова, Г. М. Акимбекова, Л. Б. Сабирова, Е. И. Рогов

Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: заводнение, деформации массива, модель объема нефтедобычи, добыча полезных ископаемых, фильтрация, ячейка, добыча скважины, нагнетательные скважины, производительность нефти.

Аннотация. Любой физический процесс подчиняется какому-нибудь фундаментальному закону природы – сохранения массы, энергии, деформации массива, фильтрации флюидов и т.д.

Несмотря на сложность и многообразие физических процессов, протекающих в породном массиве при добыче полезных ископаемых, для решения конкретных задач используются их математические модели. В данной статье рассматривается для примера математическая модель объема нефтедобычи из участков с заводнением. Модель построена и реализована в непрерывном пространстве N^k для различных состояний качественных характеристик среды и агрегата. Приводимая модель оригинальна и имеет самостоятельное практическое значение.

Исходя из гидродинамических закономерностей формирования линий тока в ячейках любой системы расположения нагнетательных и добычных скважин, функцию производительности добычной скважины будем считать экспоненциальной.

Задача теоретико-статистического определения параметров \hat{Q} и T_1 является достаточно сложной и видимо, имеет ряд путей ее решения. Ниже нами предлагается одно из возможных решений этой задачи.

По аналогии с продуктивностью раствора при подземном выщелачивании $C_{пр}(t)$ [1] можно утверждать, что кривая $Q(t)$ будет хорошо описываться сложной экспонентой в виде:

$$Q(t) = \frac{e \cdot \hat{Q} \cdot t}{T_1} \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right), \text{ тыс.} \cdot \text{м}^3/\text{год} \quad \text{или} \quad \text{тыс.} \cdot \text{т}/\text{год}, \quad (1)$$

где \hat{Q} – максимальный объем добычи в единицу времени, например в год или сутки, которое соответствует времени его достижения T_1 , годы; $e = 2,72$, t – текущее время, годы.

Покажем, что функция $Q(t)$ [1] действительно отвечает требованию, когда за время T_1 достигается его значение, т.е. при $t = T_1$ имеем:

$$Q(T_1) = \frac{e \cdot \hat{Q}}{T_1} \cdot \frac{T_1}{e^{T_1/T_1}} = \hat{Q}.$$

Или иначе в точке $t = T_1$ производная по t должна быть равна нулю, т.е.

$$\frac{\partial Q(t)}{\partial t} = 0.$$

Проверим это условие:

$$\frac{\partial Q(t)}{\partial t} = \frac{1 \cdot e^{t/T_1} - \frac{t}{T_1} e^{t/T_1}}{e^{2t/T_1}}$$

при $t = T_1$ имеем: $\frac{e - e}{e^{2T_1/T_1}} = 0$, что и требовалось доказать.

Если рассматривать статистические данные по какой-либо конкретной добычной скважине нефти, то можно заметить надежную аппроксимацию фактической кривой с теоретической в виде (1) [2].

Здесь для каждой добычной скважины определяющими являются два параметра – \hat{Q} и T_1 . Но они индивидуальные и различные для каждой добычной скважины конкретного участка.

Задача теоретико-статистического определения параметров \hat{Q} и T_1 является достаточно сложной и, видимо, имеет ряд путей ее решения. Ниже нами предлагается одно из возможных решений этой задачи.

Определим средний за время эксплуатации – T_o любой добычной скважины ее дебит или производительность:

$$\bar{Q} = \frac{1}{T_o} \int_0^{T_o} \frac{e \cdot \hat{Q} \cdot t}{T_1} \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right) dt. \quad (2)$$

После интегрирования и соответствующих преобразований получается:

$$\bar{Q} = \frac{1}{T_o} e \cdot T_1 \cdot \hat{Q} \left[1 - \frac{\left(1 + \frac{T_o}{T_1}\right)}{\exp\left(\frac{T_o}{T_1}\right)} \right], \text{ тыс.} \cdot \text{м}^3/\text{год}. \quad (3)$$

Здесь в (3) также остаются неизвестными два параметра T_1 и \hat{Q} .

Время T_o можно определить, исходя из запасов \tilde{Q} нефти в элементарной ячейке при площадном заводнении и проектного коэффициента извлечения ее в виде:

$$T_o = \frac{\varepsilon_n \cdot \tilde{Q}}{\bar{Q}}, \text{ лет}. \quad (4)$$

Кроме того, если учесть, что при площадном заводнении нефтяных пластов при гексагональной или рядной схеме расположения нагнетательных и добычных скважин путем поршневого вытеснения нефти, закачиваемой под давлением S_n водой, имеем такие выражения для T_o :

- гексагональная сеть технологических скважин [3]:

$$T_o = \frac{0,328 \cdot R^2 \cdot \bar{K}_n}{\xi \cdot \bar{K}_\phi \cdot n \cdot S_n \cdot \ln\left(\ln \frac{R}{R_c}\right)}, \text{ лет}; \quad (5)$$

- рядная сеть технологических скважин:

$$T_o = \frac{0,395 \cdot R^2 \cdot \bar{K}_n}{\xi \cdot \bar{K}_\phi \cdot n \cdot S_n \cdot \ln\left(\ln \frac{R}{R_c}\right)}, \text{ лет}; \quad (6)$$

где в (5) и (6) обозначено: $\xi = \frac{\mu_b}{\mu_n}$, μ_b – вязкость воды, μ_n – вязкость нефти; R – радиус элементарной ячейки, м; \bar{K}_n – среднее значение эффективной пористости продуктивного в ячейке пласта, доли ед.; \bar{K}_ϕ – среднее значение коэффициента фильтрации воды в продуктивном пласте с нефтью, м/сут; S_n – динамический напор воды на нагнетательной скважине, м вод. ст.; $n = \frac{N_n}{N_o}$ –

параметр, число нагнетательных N_n скважин, поделенное на число N_d - добычных скважин одновременно действующих на участке; R_c - радиус технологических скважин, м.

Из формулы (4) имеем:

$$\bar{Q} = \frac{\varepsilon_n \cdot \tilde{Q}}{T_o}, \text{ тыс.} \cdot \text{м}^3/\text{год.} \quad (7)$$

Подставив (7) в уравнение (3), получим:

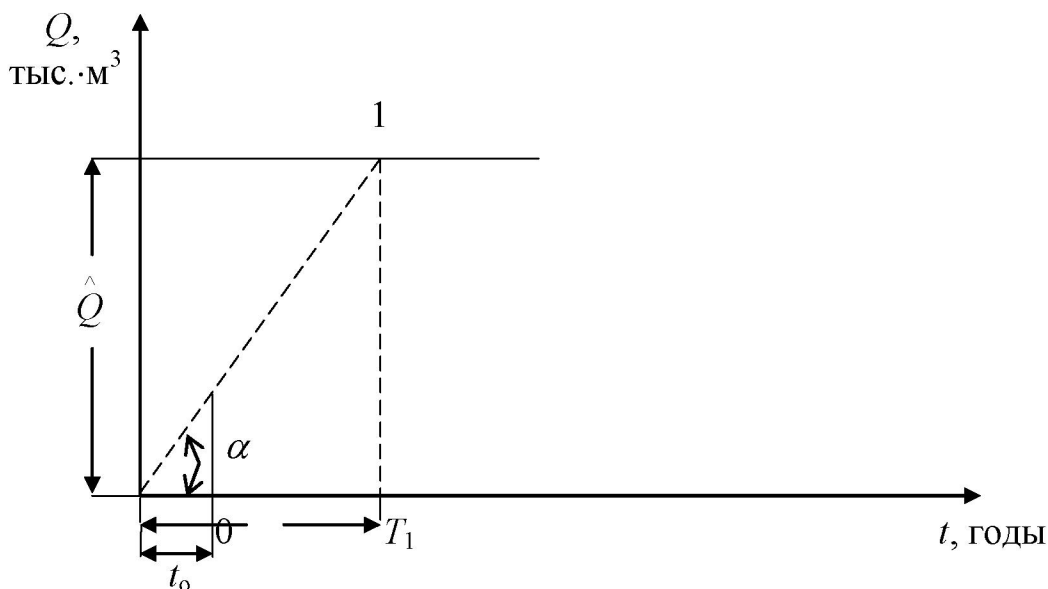
$$\frac{\varepsilon_n \cdot \tilde{Q}_o}{T_o} = \frac{1}{T_o} \cdot e \cdot T_1 \cdot \hat{Q} \cdot \left[1 - \frac{\left[1 + \frac{T_o}{T_1} \right]}{\exp \left[1 + \frac{T_o}{T_1} \right]} \right]. \quad (8)$$

Из уравнения (8) определим параметр \hat{Q}

$$\hat{Q} = \frac{\varepsilon_n \cdot \tilde{Q}_o}{e \cdot T_1 \cdot \left[1 - \frac{\left(1 + \frac{T_o}{T_1} \right)}{\exp \left(1 + \frac{T_o}{T_1} \right)} \right]}, \text{ тыс.} \cdot \text{м}^3/\text{год, или тыс.} \cdot \text{т/год.} \quad (9)$$

Теперь остается еще один параметр T_1 , который следует определить для каждой добычной скважины индивидуально. Хотя можно предположить, что на одном и том же участке параметры T_1 и \hat{Q} будут близки по абсолютным значениям.

Для определения параметра T_1 используем способ опережающей аппроксимации по начальному следу хода кривой $Q(t)$ от 0 до T_1 , т.е. до максимума \hat{Q} (рисунок).



Определение параметра T_1

Часть функции $Q(t)$ от 0 до T_1 можно с некоторой степенью надежности рассматривать в виде прямой (рисунок). Тогда, зная ход прямой на участке t_0 и далее аппроксимацию ее до пересечения с линией $\hat{Q} = \text{const}$, получим по оси абсцисс – t , значение T_1 в виде:

$$T_1 = \theta \frac{\hat{Q}}{\text{tg}\alpha}, \text{ годы}, \quad (10)$$

где θ – единичный размерный параметр, $\theta = 1 \cdot \text{год}^2 / \text{тыс.} \cdot \text{м}^3$.

Параметр T_1 можно также записать через \hat{Q} в виде:

$$T_1 = \frac{\varepsilon_{\text{п}} \cdot \tilde{Q}_0}{\hat{Q} \left[1 - \frac{\left(1 + \frac{T \cdot \text{tg}\alpha}{\theta \cdot \hat{Q}} \right)}{\exp\left(\frac{T \cdot \text{tg}\alpha}{\theta \cdot \hat{Q}} \right)} \right]}, \text{ годы}. \quad (11)$$

Можно предположить еще один более простой приближенный метод определения T_1 путем решения уравнения (9) со следующим упрощением. Если положить, что T_0 – большое число, например, $T_0 = 10$ лет, а $T_1 \cong 1$ год, то получим:

$$\frac{1+10}{e^{11}} \cong 0,$$

тогда из (9) получим:

$$\hat{Q} = \frac{\varepsilon_{\text{п}} \cdot \tilde{Q}}{e \cdot T_1}, \text{ тыс.} \cdot \text{м}^3 / \text{год}. \quad (12)$$

Набрав статистику по скважинам отработанного или рабочего добычного участка можно получить среднее для конкретных условий $\hat{Q}_{\text{ср}}$, тогда среднее для данного участка \bar{T}_1 будет:

$$\bar{T}_1 = \frac{e \cdot \hat{Q}}{\varepsilon_{\text{п}} \cdot \tilde{Q}}, \text{ лет}. \quad (13)$$

И при этом будем иметь для всех добычных скважин одно усредненное уравнение $\bar{Q}(t)$

$$\bar{Q}(t) = \frac{e \cdot \hat{Q}}{\bar{T}_1} \exp\left(-\frac{t}{\bar{T}_1}\right). \quad (14)$$

Таким образом, нами дано описание одного из центральных уравнений $Q(t)$ для решения многообразных задач при скважинной добыче нефти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Голубев В.С., Кричевец Г.Н. и др. О динамике подземного выщелачивания полезных ископаемых на основе математического и физического моделирования // «Математическое и физическое моделирование рудообразующих процессов». – М.: ВИМС, 1978. – С. 123-141.
- [2] Айткулов А.У., Айткулов Ж.А., Айткулов А.А. Совершенствование процесса интенсификации добычи нефти при площадном воздействии. – М.: Ж. Нефтепромышленное дело, 1999. – 8. – С. 7-9.
- [3] Рогов Е.И., Рогов А.Е., Орынгожин Е.С. Теория заводнения в нефтедобыче. – Алматы, 2013.

REFERENCES

- [1] Golubev V.S., Krichevets G.N. and others. *On the dynamics of underground leaching of minerals on the basis of mathematical and physical modeling*. "The mathematical and physical modeling of ore-forming processes." М.: VIMS, 1978. - P. 123-141. (in Russ.).
- [2] Aitkulov A.U., Aitkulov Zh.A., Aitkulov A.A. *"Improving the process of intensification of oil production in the area effects"* М.: J. Petroleum Engineering, 1999. - 8 - p.7-9. (in Russ.).
- [3] Rogov E.I., Rogov A.E., Oryngozhin E.S. *"The theory of flooding in the oil industry"*, Almaty 2013. (in Russ.).

УАҚЫТҚА ҚАТЫСТЫ ӨНДІРУШІ ҰНҒЫМА ЖҰМЫСЫНЫҢ ТИІМДІЛІК ФУНКЦИЯСЫНЫҢ НЕГІЗДЕМЕСІ

А. К. Есімханова, Г. М. Акимбекова, Л. Б. Сабирова, Е. И. Рогов

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: сулану, массив деформациясы, мұнай өндірудің көлемінің моделі, пайдалы қазбаларды өндіру, фильтрация, жәшік, ұнғыма өндіру, айдау ұнғымасы, мұнайды пайдалану.

Аннотация. Мақалада сулану аудандарындағы мұнай өндіру көлемінің математикалық моделі қарастырылады. Аталып отырған модель үздіксіз кеңістікте N^k құралған. Қандай да болмасын физикалық үдеріс табиғаттың фундаментальді заңына бағынады, яғни массаны сақтау, энергия, массив деформациясы, флюидтер фильтрациясы т.б. Пайдалы қазбаларды пайдалану кезінде жыныстар массивінде өтетін физикалық үдерістердің қиындығы қарамастан нақты есептерді есептеу үшін математикалық модельдер қолданылады. Айдау және өндіру ұнғымаларының қандай да болмасын орналасу ұяшықтарының қандай да бір бетінде жүйелерінің гидродинамикалық заңдылықтарына сүйене өндіру ұнғымасының функциясын экспо-

ненциалды деп есептейміз. \hat{Q} и T_1 параметрлердің статистикалық есептеулерін анықтау өте күрделі болып саналады және де бірнеше есептеу түрлеріне ие болады. Осы мақалада біз сол есептеулердің шешімдерін келтіреміз.