

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

ISSN 2224-5227

Volume 1, Number 1 (2015), 40 –45

UDC 622.32

**SOLUTION OF THE DIRECT TASK FOR DELIVERY AND
MINING WELLS AT OIL PRODUCTION**

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

Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev

Key words: Oil, wells, injection wells, production wells, exploitation, oil reservoir, flow rate.

Abstract. In the well-known works on Oil Production there are two important tasks, called conditionally forward and backward in oil. Under the direct task it is understood as forecast of oil production for a long period of time, when known mining areas and their number, the time of entry into service, the number of injection and production wells at each site, an approximate description of the hypothetical performance of production wells for the duration of their operation. At each site there must also be known timing of input and output of injection and production wells.

Under the inverse problem it is understood as forecast of volumes of mining sites of injection and production wells at each mine site, calendar commissioning sites, calendar of input and output of the wells.

A rigorous mathematical formulation of these two tasks, and especially their correct solution to date is missing from wells and other oil production. In this regard, we attempt to justify the first stage of a more or less rigorous formulation of direct and inverse problems for downhole oil production and, above all debit production wells.

The basis of direct and inverse problems must be long byway analytic function $Q(t)$ performance production wells from the time of its operation. In this paper, the direct problem is solved which is understood as a forecast of oil production for a long period of time.

**РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ
И ДОБЫЧНЫХ СКВАЖИН ПРИ НЕФТЕДОБЫЧЕ**

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

gu4a_81@mail.ru

**КаЗНТУ имени К.И. Сатпаева, Институт Геологии и Нефигазового дела имени К. Турысова, г.
Алматы, Республика Казахстан**

Ключевые слова: добыча нефти, скважина, нагнетательные скважины, добывающие скважины, эксплуатация, нефтяной пласт, дебит.

Аннотация. В широко известных работах по скважинной добыче нефти сформулированы две важные задачи, названные условно прямой и обратной при добывче нефти.

Под прямой задачей понимается прогноз объемов добычи нефти на длительный период времени, когда известны добывающие участки и их число, время их ввода в эксплуатацию, число нагнетательных и добывающих скважин на каждом участке, некоторое приближенное гипотетическое описание производительности добывающих скважин на все время их эксплуатации. На каждом участке должны быть также известны временные параметры ввода и вывода из работы нагнетательных и добывающих скважин.

Под обратной задачей понимается прогноз числа добывающих участков, числа нагнетательных и добывающих скважин на каждом добывающем участке, календарь ввода в эксплуатацию участков, календарь ввода и вывода из работы скважин.

Строгая математическая постановка этих двух задач, а тем более их корректное решение до настоящего времени отсутствует по скважинной и другой нефтедобыче. В этой связи нами предпринимается попытка на первом этапе работы обосновать более или менее строгую постановку прямой и обратной задач по скважинной нефтедобыче и прежде всего дебита добывающих скважин.

В основе прямой и обратной задач должна находиться пока малоизученная аналитическая функция $Q(t)$ производительности добычной скважины от времени ее эксплуатации.

В данной статье решена прямая задача под которой понимается прогноз объемов добычи нефти на длительный период времени.

В широко известных работах по скважинной добыче нефти [1, 2, 3] сформулированы две важные задачи, названные условно прямой и обратной при добыче нефти.

Под прямой задачей понимается прогноз объемов добычи нефти на длительный период времени, когда известны добычные участки и их число, время их ввода в эксплуатацию, число нагнетательных – N_h и добычных скважин – N_o на каждом участке, некоторое приближенное гипотетическое описание производительности добычных скважин $Q(t)$ на все время их эксплуатации $(0 - T_{ij})$, $j = 1, N_o$. На каждом участке должны быть также известны временные параметры ввода и вывода из работы нагнетательных и добычных скважин, т.е. $\{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{N_9}, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{N_h}\}$.

Под обратной задачей понимается прогноз числа добычных участков, числа нагнетательных – N_{hi} и добычных N_{oi} скважин на каждом i -ом добычном участке, календарь ввода в эксплуатацию участков $i = \overline{1, M}$, календарь ввода и вывода из работы скважин N_{hi} ; N_{oi} на каждом участке $i = \overline{1, M}$.

Строгая математическая постановка этих двух задач, а тем более их корректное решение до настоящего времени отсутствует по скважинной и другой нефтедобыче. В этой связи нами предпринимается попытка на первом этапе работы обосновать более или менее строгую постановку прямой и обратной задач по скважинной нефтедобыче и прежде всего дебита добычных скважин.

В основе прямой и обратной задач должна находиться пока малоизученная аналитическая функция $Q(t)$ производительности добычной скважины от времени ее эксплуатации.

По аналогии с продуктивностью раствора при подземном выщелачивании металлов $C_{np}(t)$ [4] можно утверждать, что кривая $Q(t)$ будет хорошо описываться сложной экспонентой в виде:

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

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_1 – вторая кинетическая константа [4], годы; t – текущее время, годы. Вид кривой $Q(t)$ представлен на рисунке 1.

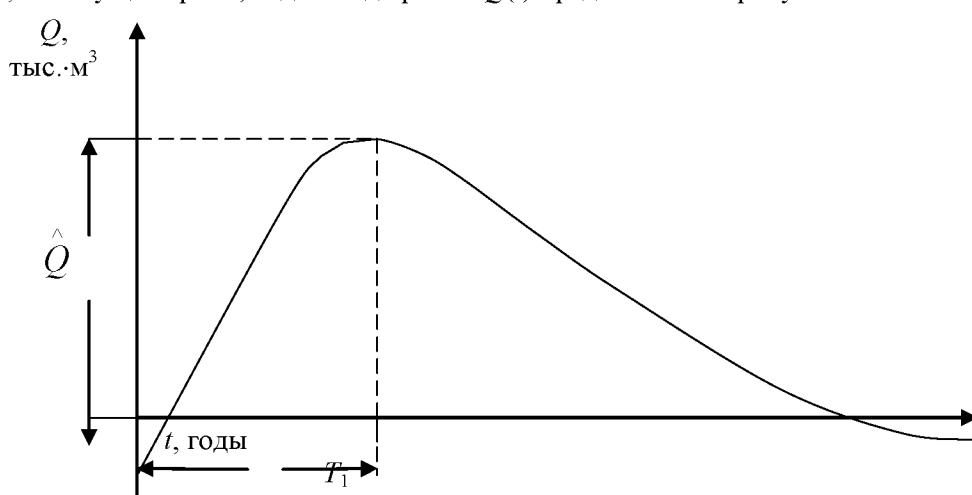


Рисунок 1 - Зависимость Q от t .

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

$$Q(T_1) = \frac{e \cdot \hat{Q}}{T_1} \cdot \frac{T_1}{e^{\frac{T_1}{T_1}}} = \hat{Q}. \quad (2)$$

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

$$\frac{\partial Q(t)}{\partial t} = 0. \quad (3)$$

Проверим это условие:

$$\frac{\partial Q(t)}{\partial t} = \frac{1 \cdot e^{\frac{t}{T_1}} - \frac{t}{T_1} e^{\frac{t}{T_1}}}{e^{\frac{2T_1}{T_1}}} \quad (4)$$

при $t = T_1$ имеем:

$$\frac{e - e}{e^{\frac{2T_1}{T_1}}} = 0, \quad (5)$$

что и требовалось доказать.

Если рассматривать статистические данные по какой-либо конкретной добывчной скважине нефти, то можно заметить надежную аппроксимацию фактической кривой с теоретической в виде (1), так как фильтрация нефти в добывчную скважину происходит по разным линиям тока [1, 2].

Здесь для каждой добывчной скважины определяющими являются два параметра – \hat{Q} и T_1 . Но они индивидуальные и различные для каждой добывчной 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 добывчной скважины ее дебит или производительность:

$$\bar{Q} = \frac{1}{T_o} \int_0^{T_o} \frac{e \cdot \hat{Q} \cdot t}{T_1} \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right) dt. \quad (6)$$

После интегрирования и соответствующих преобразований получается:

$$\bar{Q} = \frac{1}{T_o} e \cdot T_1 \cdot \hat{Q} \left[1 - \frac{\left(1 + \frac{T_o}{T_1}\right)}{\exp \frac{T_o}{T_1}} \right], \text{ тыс.} \cdot \text{м}^3/\text{год.} \quad (7)$$

Здесь в (7) 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:

$$T_o = \frac{\varepsilon_n \cdot \tilde{Q}}{\bar{Q}}, \text{ лет.} \quad (8)$$

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

- гексагональная сеть технологических скважин:

$$T_o = \frac{0,328 \cdot R^2 \cdot \bar{K}_n}{\xi \cdot \bar{K}_\phi \cdot n \cdot S_h \cdot \ln\left(\ln \frac{R}{R_c}\right)}, \text{ лет;} \quad (9)$$

- рядная сеть технологических скважин:

$$T_o = \frac{0,395 \cdot R^2 \cdot \bar{K}_n}{\xi \cdot \bar{K}_\phi \cdot n \cdot S_h \cdot \ln\left(\ln \frac{R}{R_c}\right)}, \text{ лет;} \quad (10)$$

где в (9) и (10) обозначено:

$$\xi = \frac{\mu_b}{\mu_n}, \mu_b - \text{вязкость воды, } \mu_n - \text{вязкость нефти;}$$

R – радиус элементарной ячейки, м;

K_n – среднее значение эффективной пористости продуктивного в ячейке пласта, доли ед.;

\bar{K}_ϕ – среднее значение коэффициента фильтрации нефти в продуктивном пласте, м/сут;

S_h – динамический напор воды на нагнетательной скважине, м вод. ст.;

$n = \frac{N_h}{N_d}$ – параметр, число нагнетательных N_h скважин, поделенное на число N_d – добывчих скважин одновременно действующих на участке;

R_c – радиус технологических скважин, м.

Из формулы (10) имеем:

$$\bar{Q} = \frac{\varepsilon_n \cdot \tilde{Q}}{T_o}, \text{ тыс.} \cdot \text{м}^3/\text{год.} \quad (11)$$

Подставим (11) в уравнение (7), тогда получим:

$$\frac{\varepsilon_n \cdot \tilde{Q}_o}{T_o} = \frac{1}{T_o} \cdot e \cdot T_1 \cdot \hat{Q} \cdot \left[1 - \frac{\left[1 + \frac{T_o}{T_1} \right]}{\exp\left[1 + \frac{T_o}{T_1} \right]} \right]. \quad (12)$$

Из уравнения (12) определим параметр \hat{Q}

$$\hat{Q} = \frac{\varepsilon_n \cdot \tilde{Q}_o}{e \cdot T_1 \cdot \left[1 - \frac{\left(1 + \frac{T_o}{T_1} \right)}{\exp\left(1 + \frac{T_o}{T_1} \right)} \right]}, \text{ тыс.·м}^3/\text{год, или тыс.·т/год.} \quad (13)$$

Тогда остается еще один параметр T_1 , который следует определить для каждой добывчной 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 2).

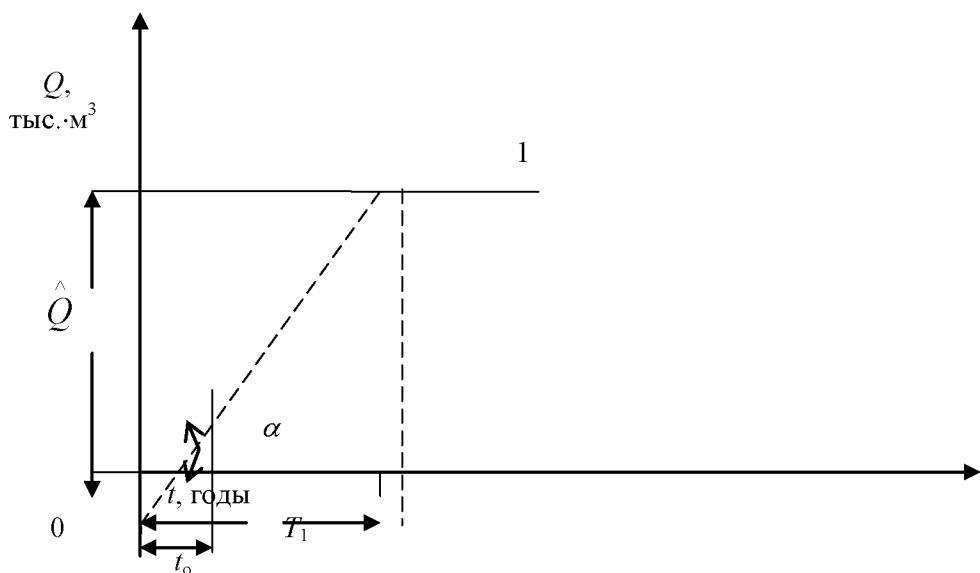


Рисунок 2 - К определению параметра T_1 .

Часть функции $Q(t)$ от 0 до T_1 можно с некоторой степенью надежности рассматривать в виде прямой (рисунок 2). Тогда, зная ход прямой на участке t_o и далее аппроксимацию ее до пересечения с линией $\hat{Q} = \text{const}$, получим по оси абсцисс – t , значение T_1 в виде:

$$T_1 = \theta \frac{\hat{Q}}{\operatorname{tg} \alpha}, \text{ годы,} \quad (14)$$

где, θ - единичный размерный параметр,

$$Q = \frac{1 \cdot \text{год}^2}{\text{тыс.·м}^3}.$$

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

$$T_1 = \frac{\varepsilon_n \cdot \tilde{Q}_o}{\hat{Q} \left[1 - \frac{\left(1 + \frac{T \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\theta \cdot \hat{Q}} \right)}{\exp \left(\frac{T \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\theta \cdot \hat{Q}} \right)} \right]}, \text{ годы.} \quad (16)$$

На этом решение прямой задачи можно считать законченным.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде. М.: Гостоптехиздат. 1949. – 628 с.
- [2] Маскет М. Физические основы технологии добычи нефти. М.: Гостоптехиздат, 1953. – 606 с.
- [3] Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. М., Нефть и газ, 2003, 816 с.
- [4] Геотехнология металлов [Текст]: учеб. пособие для инженеров / Язиков В.Г., Рогов Е.И., Забазнов В.Л., Рогов А.Е.; под общ. Ред. В.Г. Язикова – Алматы: Фортрес, 2005. – 394 с. – 500 экз. – ISBN 9965-466-88-2 (в пер.)

REFERENCES

- [1] Masket M. Current of uniform liquids in the porous environment. M.: Gostoptekhizdat. 1949. – 628 p. (in Russ.).
- [2] Masket M. Physical bases of technology of oil production. M.: Gostoptekhizdat, 1953. – 606 p. (in Russ.).
- [3] Mishchenko I.T. Well oil production. M., Oil and gas, 2003, 816 p. (in Russ.).
- [4] Geotechnology metals [Text]: a manual for engineers. Yazikov V.G., Rogov E.I., Zabaznov V.L., Rogov A.E.; Almaty: Fortres, 2005. – 394 p. (in Russ.).

МҰНАЙДЫ ӨНДІРУ КЕЗІНДЕ ПАЙДАЛАНУ ЖӘНЕ ӨНДІРУ ҰҢҒЫМАЛАРЫ ҮШІН МӘСЕЛЕНІ ТІКЕЛЕЙ ШЕШУ

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

gu4a_81@mail.ru

**Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, Қ. Тұрысов атындағы Геология и Геология және Мұнайгаз ісі
институты Алматы қ., Қазахстан Республикасы**

Кілтті сөздер: мұнайды өндіру, ұңғыма, пайдалану ұңғымалары, өндіру ұңғымалары, пайдалану, мұнай қабаты, шығым.

Анната. Бұл мақалада ұзақ уақыт аралығында мұнайды өндіру мәселесін тікелей шешу мәселелері карастырылған.

Бұл мақалада көбіне белгілі ұңғымамен өндіру жұмыстары кезіндегі екі мәселе біріктірілген, олар: мұнайды өндіру кезіндегі шартты тіке және кері деп аталады.

Тікелей мәселеде мұнай олжаларының көлемі ұзақ уақытқа белгілі болған кездегі олжалық телімдер мен олардың саны, оларды өндеу уақыты, әрбір телімдегі бастырмалатқыш және өндіру ұңғыларының саны, кейбір жақындағылған гипотетикалық олжа ұңғыларының өндірісі барлық уақыттағы өндірілуі түсіндіріледі. Әрбір телімде уақытша енгізу параметрлері және бастырмалық және олжалық ұңғылардың жұмыстарының көртындысы болу керек.

Кері мәселеде өндіру телімдерінің саны, әрбір телімдегі бастырмалатқыш және өндіру ұңғыларының саны, телімдердің өндеудің күнтізбесі, кіру жіне ұңғы жұмысының көртынды жұмысының күнтізбесі түсіндіріледі.

Қатаң математикалық ғылыми мәселенің көйлімі, одан беттер олардың ұнғы және басқа мұнай өндіруі бойынша қазіргі уақытқа дейін жоқ. Бұл байланыста бірінші кезекте өте немесе аз қатаң тікелей және кері ұңғылық мұнай өндіруде және барлығынан бұрын олжалық ұңғылардың дебитін қолдану тапсырмаларын орындау жұмыстары күтіп тұр.

Тікелей және кері мәселелер негізінде әзірге уақытша пайдаланылатын аз зерттелген олжа ұңғысының өндірісінің аналитикалық функциясы Q(t) орналасуы керек.