

UDC 622.32

The solution of the return task in oil production with flooding of layers

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

esimkhanova@mail.ru

Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev

Key words: Oil production, NDU, well, flooding reservoirs, exploration of injection wells, production wells.

Abstract: This paper presents the solution of the inverse problem in the oil industry which is finding the parameters of the NDU, and given information about the status of land and demand functions, to justify such a calendar input and output sections and technological wells on them, which is the maximum zoom function resulting oil $Q_a(t)$ to the demand $Q_p(t)$.

Решение обратной задачи в нефтедобыче с заводнением пластов

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

esimkhanova@mail.ru

Казахский Национальный технический университет им.К.И.Сатпаева

Ключевые слова: Нефтедобыча, НДУ, скважина, заводнение пластов, геологоразведочных работы, нагнетательными скважины, добыча скважин.

Аннотация: В статье приведено решение обратной задачи в нефтедобыче которая заключается в нахождении параметров НДУ, и при заданной информации о состоянии участков и функций спроса, обосновать такой календарь ввода и вывода участков и технологических скважин на них, который максимально будет приближать полученную функцию добычи нефти $Q_{\phi}(t)$ к спросу $Q_n(t)$.

Эту задачу в общем виде можно формулировать таким образом. Для конкретного нефтедобывающего региона, где добыча осуществляется с заводнением пластов, задана или определена программа добычи нефти на перспективу в виде некоторой функции:

$$Q_n(t), t > 0 \text{ на } (0 - T), \quad (1)$$

где $Q_n(t)$ может быть любой возрастающей или убывающей функцией на период времени $(0 - T)$, где $T \geq 7 \div 10$ лет.

В частном случае и самом простом:

$$Q_n(t) = Q_n^0 = \text{const на } (0 - T). \quad (2)$$

Нефтедобывающий регион представлен M – добычными участками (НДУ), $j = \overline{1, M}$. Причем некоторое число участков $M_1 < M$ находятся в работе, $M_2 < M$ подготовлено к разработке, $M_3 < M$ находятся в стадии подготовки их к добычным работам.

M_4 – число участков, находящихся на стадии геологоразведочных работ. При этом:

$$M = \sum_{j=1}^M M_j. \quad (3)$$

На множестве M_1 известно число нагнетательных скважин – N_{nj} и добычных N_{oj} , где $j \in M_1, j = 1, 2, \dots, M_1$.

В первом приближении каждая добывающая скважина имеет одинаковую выходную функцию производительности $Q(t)$ в виде:

$$\bar{Q}(t) = \frac{e \cdot \hat{Q}}{T_1} \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right), \text{ тыс. м}^3 \text{ или тыс. т,} \quad (4)$$

где $t \in (0 - T)$.

Рассмотрим полученное нами уравнение дебита добычной скважины \bar{Q} в виде:

$$\bar{Q} = \frac{1}{T_0} e \cdot T_1 \cdot \hat{Q} \left[1 - \frac{\left(1 + \frac{T_0}{T_1}\right)}{\exp\left(\frac{T_0}{T_1}\right)} \right]. \quad (5)$$

Так как время отработки участка достаточно большое, то уже, например, при соотношении

$$\frac{T_0}{T_1} = 6, \text{ величина } \left(\frac{1 + \frac{T_0}{T_1}}{\exp\left(\frac{T_0}{T_1}\right)} \right) \text{ будет: } \frac{(1+6)}{e^6} = 0,017.$$

Исходя из этого, можно записать вместо (5):

$$\bar{Q} = \frac{e \cdot T_1 \cdot \hat{Q}}{T_0}, \text{ тыс. м}^3/\text{год.} \quad (6)$$

Решаем уравнение (6) относительно срока отработки участка до проектного коэффициента извлечения нефти - $\varepsilon_{\text{п}}$, получим:

$$T_0 = \frac{e \cdot T_1 \cdot \hat{Q}}{\bar{Q}}, \text{ лет.} \quad (7)$$

Таким образом, время T_0 определяется из различных условий по формулам (5) и (7). Ясно, что для конкретного участка эти показатели должны быть примерно равны с разницей не более, чем на 10%, так как мы упростили (5), исключив несущественную величину.

В общей постановке обратная задача нефтедобычи будет сформулирована в следующем виде.

При заданной информации о состоянии участков M_1, M_2, M_3 и M_4 и функций спроса (1) или (2) обосновать такой календарь ввода и вывода участков и технологических скважин на них, который максимально будет приближать полученную функцию добычи нефти $Q_{\text{ф}}(t)$ к спросу $Q_{\text{п}}(t)$.

Это означает, что в качестве управляемых переменных будут временные интервалы - τ_j по последовательности отработки участков M_j и интервалы времени - τ_j включения и выключения добычных и нагнетательных скважин на участках M_j . Обозначим эти параметры через вектор \bar{R} - управляемых переменных:

$$\bar{R} = (\bar{X}, \tau_j, \tau_i) \quad (8)$$

где \bar{X} - вектор качественных характеристик - порядок или последовательность включения участков в работу;

τ_j, τ_i - временные интервалы, годы.

Вектор входной информации обозначим через \bar{S} :

$$\bar{S} = (s_1, s_2, \dots, s_n) \quad (9)$$

где s_j - компоненты вектора \bar{S} , которые в каждом конкретном случае будут индивидуальными. В общей постановке они уже оговорены ниже в начале раздела.

Теперь в общем виде запишем оптимизационную модель. Необходимо отыскать такой вектор управляемых переменных R_0 , который обеспечивает максимально возможное сближение двух функций времени, т.е.

$$J_1 = Q_\Phi(\bar{S}, \bar{R}, t) - Q_n(t) \rightarrow \min \quad (10)$$

при ограничении:

$$\bar{R} \in \{\Phi\}, \quad (11)$$

где $\{\Phi\}$ – множество ограничений на вектор управляемых переменных.

В принципе модель в виде (10) при (11) является сложной вариационной задачей поиска траектории системы $Q_\Phi = (\bar{S}, \bar{R}, t)$ - в нашем случае множество нефтедобывающих участков с нагнетательными и добычными скважинами. Эта задача весьма трудная уже не только в методах реализации модели (10), (11), но и даже в корректной ее постановке для построения функции $Q_\Phi(\bar{S}, \bar{R}, t)$ в явном виде. Несомненно, что эта проблема является самостоятельной и здесь пока не обсуждается.

Совершенно ясно также, что можно решить задачу (10), (11) приближенными методами, но возникает вторая не менее важная, а может быть и более важная задача, которая должна решаться путем разработки и реализации оптимизационных моделей по критерию J_2 – прибыль, которая должна максимизироваться.

В общей постановке эта модель выглядит следующим образом:

$$J_2 = \Pi(\bar{R}) - \mathcal{Z}(\bar{R}) \rightarrow \max \quad (12)$$

При наличии ограничений:

$$\bar{R} \in \{\Phi\},$$

где $\Pi(\bar{R})$ – суммарная ценность добытой и проданной нефти за период T^* - отработки всех участков, \$;

$\mathcal{Z}(\bar{R})$ – суммарные затраты на добычу всего объема нефти за тот же период T^* , \$.

В известной монографии проф. В.Д. Лысенко [1] приведен критерий оптимальности J_2 в следующем развернутом виде, который приведен в обозначениях, принятых проф. В.Д. Лысенко:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{(t)} = J_2 = \sum_{i=1}^t \{ [C_{\text{пр}} \cdot (1 - \Delta_*) - C_a] \cdot q^{(t)} - \mathcal{Z}_r^* \cdot n^{(i)} - \mathcal{Z}_r^{**} \cdot q_{F2}^{(t)} \} \\ \times \frac{1}{(1 + \lambda)^{i-1}} - \sum_{i=1}^t (\mathcal{Z}'_k + \mathcal{Z}'_l) \cdot \frac{\Delta n_o^{(t)}}{(1 + \lambda)^{i-1}} \rightarrow \max, \end{aligned} \quad (13)$$

где доход государству:

$$G = \Delta_{**} \mathcal{E}_{(t)} + \sum_{i=1}^t (\Delta_* \cdot C_{\text{пр}} + C_a) \frac{q^{(t)}}{(1 + \lambda)^{i-1}}; \quad (14)$$

прибыль инвестору:

$$I = (1 - \Delta_{**}) \cdot \mathcal{E}_{(t)}. \quad (15)$$

Здесь приняты обозначения [1]:

$C_{\text{пр}}$ – цена 1 т нефти на рынке, \$/т;

Δ_* – налоги на реализацию в долях единицы;

C_a – акциз на 1 т нефти, \$/т;

\mathcal{Z}_r^* – текущие затраты на 1 действующую скважину;

\mathcal{Z}_r^{**} – текущие экономические затраты на 1 т годовой добычи жидкости, \$/т;

\mathcal{Z}'_k – капитальные затраты на 1 пробуренную скважину, \$/скв.;

\mathcal{Z}'_l – затраты на ликвидацию скважины после завершения ее работы, \$/скв.;

λ – нормативный коэффициент экономической эффективности, учитывающий, что экономический эффект и капитальные затраты этого года более ценны, чем такие же экономический эффект и капитальные затраты следующего года в $(1 + \lambda)$ раз;

$q^{(t)}$; $q_{F2}^{(t)}$ – годовой отбор нефти и годовой отбор жидкости в весовых единицах;

$n^{(i)}$ – число действующих скважин в i -ом году, шт.;

$\Delta n_0^{(t)}$ - годовое число пробуренных и введенных в действие скважин, шт.;

t – год разработки нефтяной залежи и продолжительность периода, для которого определяется чистая накопленная дисконтированная прибыль от разработки нефтяной залежи.

В качестве управляемых переменных в критерии J_2 являются: $q^{(t)}$ и $q_{F2}^{(t)}$; $n^{(i)}$; $\Delta n_0^{(t)}$ порядок включения в отработку добычных участков и порядок включения и выключения нагнетательных и добычных скважин на участке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лысенко В.Д. Разработка нефтяных месторождений. Проектирование и анализ. М., Недра, 2003, 638 с.

REFERENCES

- [1] Lysenko V.D. Development of oil feild. drawing and analis. M. Nedra, 2003, 638 з.

Мұнайды өндіруде кезіндегі қабатты суландыруда мәселесінің кері шешімі

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

esimhanova@mail.ru

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, К. Турысов атындағы Геологический және Мұнайгаз ісі институты Алматы қ.,
Қазақстан Республикасы

Кілтті сөздер: Мұнайды өндіру, қабаттың сулануы, геологиялық барлау жұмыстары, пайдалану ұңғымалары, өндіру ұңғымалары.

Анатпа: Бұл мақалада мұнай өндірудегі мәселесінің кері шешімі НДУ параметрлерінің орын алуы және кен орындардағы аландардың жағдайы туралы кіргізу және шығарудың және технологиялық ұңғымаларға $Q_{\Phi}(t)$ талабына $Q_{\pi}(t)$ сәйкес берілген мәліметтерге байланысты күн тізбесін түсіндіру

Esimhanova A.K
Magistr, senior lecture.

Поступила 18.01.2015 г.