

## Построение модели

Для построения модели с условием материального баланса были использованы следующие функции:

1. Эффективный радиус:

$$r_{wa} = r_w e^{-s} \quad (1)$$

2. Эмпирический дебит:

$$q(t) = \begin{cases} q_i e^{D_i t}, b = 0 \\ \frac{q_i}{(1+bD_i t)^{\frac{1}{b}}}, b \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

3. Эмпирическая накопленная добыча:

$$Q(t) = \begin{cases} \frac{q_i - q(t)}{D_i}, b = 0 \\ \frac{q_i}{D_i} \ln \left( \frac{q_i}{q(t)} \right), b = 1 \\ \frac{q_i^b}{D_i(1-b)} (q_i^{1-b} - q(t)^{1-b}), b \neq 0; 1 \end{cases} \quad (3)$$

4. Время постоянного давления:

$$t_{cr} = \frac{Q(t)}{q(t)} \quad (4)$$

5. Безразмерное время:

$$t_D = \frac{0.00634 k t_{cr}}{\phi \mu c_t r_w^2} \quad (5)$$

6. Безразмерное время кривой падения:

$$t_{Dd} = D_i t_{cr} \quad (6)$$

7. Связь между безразмерным временем и безразмерным временем кривой падения:

$$t_{Dd} = \frac{t_D}{\frac{1}{2} \left( \left( \frac{r_e}{r_{wa}} \right)^2 - 1 \right) \left( \ln \left( \frac{r_e}{r_{wa}} \right) - \frac{1}{2} \right)} \quad (7)$$

8. Безразмерный дебит:

$$q_D = \frac{141.2 q(t) \mu B}{k h (p_i - p_{wf})} \quad (8)$$

9. Безразмерный дебит кривой падения:

$$q_{Dd} = \frac{q(t)}{q_i} \quad (9)$$

10. Связь между безразмерным дебитом и безразмерным дебитом кривой падения:

$$q_{Dd} = q_D \left( \ln \left( \frac{r_e}{r_{wa}} \right) - \frac{1}{2} \right) \quad (10)$$

11. Безразмерная накопленная добыча:

$$Q_D = \frac{1}{2\pi} - q_D \quad (11)$$

12. Безразмерная накопленная добыча кривой падения:

$$Q_{Dd} = \frac{Q(t)}{Q_i} \quad (12)$$

13. Связь между безразмерной накопленной добычей и безразмерной накопленной добычей кривой падения:

$$Q_{Dd} = \frac{Q_D}{\frac{1}{2} \left( \left( \frac{r_e}{r_{wa}} \right)^2 - 1 \right)} \quad (13)$$

Для решения задачи оптимизации модели был взят критерий качества MAE (Mean Absolute Error):

$$MAE(y, f) = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - f_i|}{n} \quad (14)$$

Задача была разбита на построение двух моделей:

1. Модель Арпса для подбора параметров эмпирических функций. Для этого использовались уравнения (2) и (3). Формула ошибки преобрела следующий вид:

$$MAE(q, q(t)) + MAE(Q, Q(t)) \rightarrow 0 \quad (15)$$

Ограничения для искомым параметров были выбраны следующим образом:

- 1.1.  $q_i \in [q_{min}; 3q_{max}]$
- 1.2.  $b \in [0; 1]$
- 1.3.  $D_i \in [10^{-8}; 10^{-2}]$

2. Модель Фетковича для нахождения параметров непосредственно относящихся к построению модели в Ecrin. Формула ошибки приобрела следующий вид:

$$MAE((7), (6)) + MAE((10), (9)) + MAE((13), (12)) \rightarrow 0 \quad (16)$$

Ограничения для искомым параметров были выбраны следующим образом:

- 2.1.  $s \in [-10; 10]$
- 2.2.  $k \in [0.1; 150]$
- 2.3.  $r_e \in [1; 2000]$

Обе задачи оптимизации решаются с помощью метода минимизации SHGO.

## Результат

Отсутствие сходимости в Ecrin для случаев с постоянным и переменным давлениями. А это значит, что на данном этапе можно сказать, что идея использования палеточных кривых Фетковича с условием материального баланса для замены метода Блэйсингейма является несостоятельной.