

Лабораторная работа №5

Исследование функции Бакли-Лeverетта

Целью данной работы является определить основные показатели вытеснения нефти водой с использованием функции Бакли-Лeverетта.

Функция Бакли-Лeverетта позволяет определить графически-аналитическими методами эффективные фильтрационные характеристики вытеснения нефти водой или газом, задаваясь лишь видом относительных фазовых проницаемостей. Физический смысл функции состоит в том, что она соответствует объемной доле воды (газа) в суммарном потоке двух фаз.

Исходные данные: Вариант 5

Определить фронтальную и средние насыщенности в безводный период и после прорыва воды, рассчитать коэффициенты нефтеотдачи. Исходные данные определить исходя из номера варианта N по формулам:

$$N := 5$$

$$s_0 := \begin{cases} 0.10 + \frac{N}{50} & \text{if } 1 \leq N \leq 10 \\ \frac{N}{100} & \text{if } 10 < N \leq 30 \end{cases}$$

$$s_{no} := s_0 \cdot (1 - s_0)$$

$$\mu_0 := \frac{6 \cdot N - 5}{100}$$

$$s_0 = 0.2 \quad s_{no} = 0.16 \quad \mu_0 = 0.25$$

Зададим ОФП по эмпирическим формулам Чень-Чжун-Сяня:

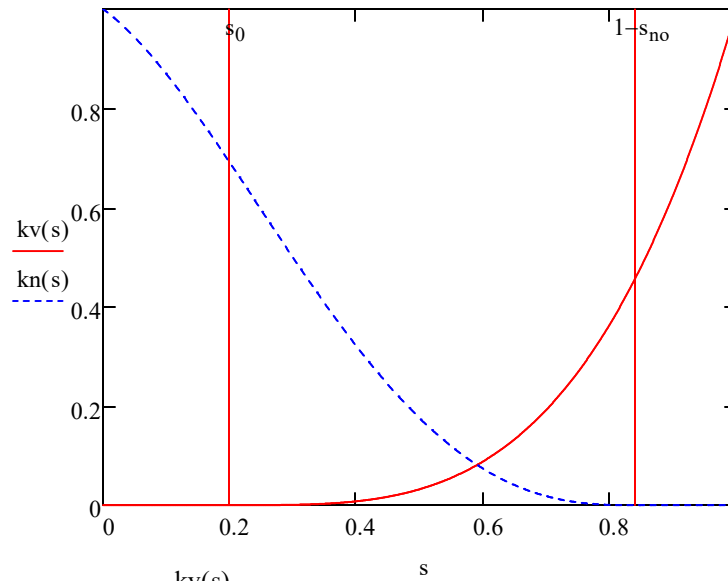
$$kv(s) := \begin{cases} (0) & \text{if } 0 \leq s \leq s_0 \\ \left(\frac{s - s_0}{1 - s_0} \right)^{3.5} & \text{if } s_0 < s \leq 1 \end{cases}$$

$$kn(s) := \begin{cases} \left(\frac{1 - s_{no} - s}{1 - s_{no}} \right)^{2.8} \cdot (1 + 2.4s) & \text{if } 0 \leq s \leq (1 - s_{no}) \\ (0) & \text{if } (1 - s_{no}) < s \leq 1 \end{cases}$$

Построим кривые ОФП с помощью шаблона плоского графика X-Y Plot на панели инструментов График (Graph).

$$s := 0, 0.001.. 1$$

$$f(s) := \frac{kv(s)}{kv(s) + \mu_0 \cdot kn(s)}$$



$$\underline{f(s)} := \frac{kv(s)}{kv(s) + \mu_0 \cdot kn(s)}$$

$$\underline{f'(s)} := \frac{d}{ds} f(s)$$

Зададим функцию Бакли-Лeverетта для 1,0 $\mu_0 =$. Для определения фронтальной насыщенности s воспользуемся вычислительным блоком, заключающим уравнение касательной к кривой $f(s)$ ключевым словом **Given** и функцией **Find**.

Given

$$\underline{f(s)} = \left(\frac{d}{ds} f(s) \right) \cdot (s - s_0)$$

$$s := 0.6$$

$$s_c := \text{Find}(s) = 0.622$$

$$\underline{f'(s)} := \frac{d}{ds} f(s)$$

$$f_L := 0.98 \quad \underline{s} := 0.8$$

Given

$$f_L = f(s)$$

$$s_L := \text{Find}(s) = 0.705$$

$$f_1(s) := f(s_L) \cdot (s - s_L) + f_L$$

$$s_{\text{mean}} := \frac{1 - f(s_0)}{f(s_c)} + s_0 = 0.678$$

$$s_{\text{mean},1} := \frac{1 - f_L}{f(s_L)} + s_L = 0.743$$

$$s' := s_{\text{mean}} = 0.678$$

$$s'_0 := s_{\text{mean},1} = 0.743$$

$$s_L = 0.705$$

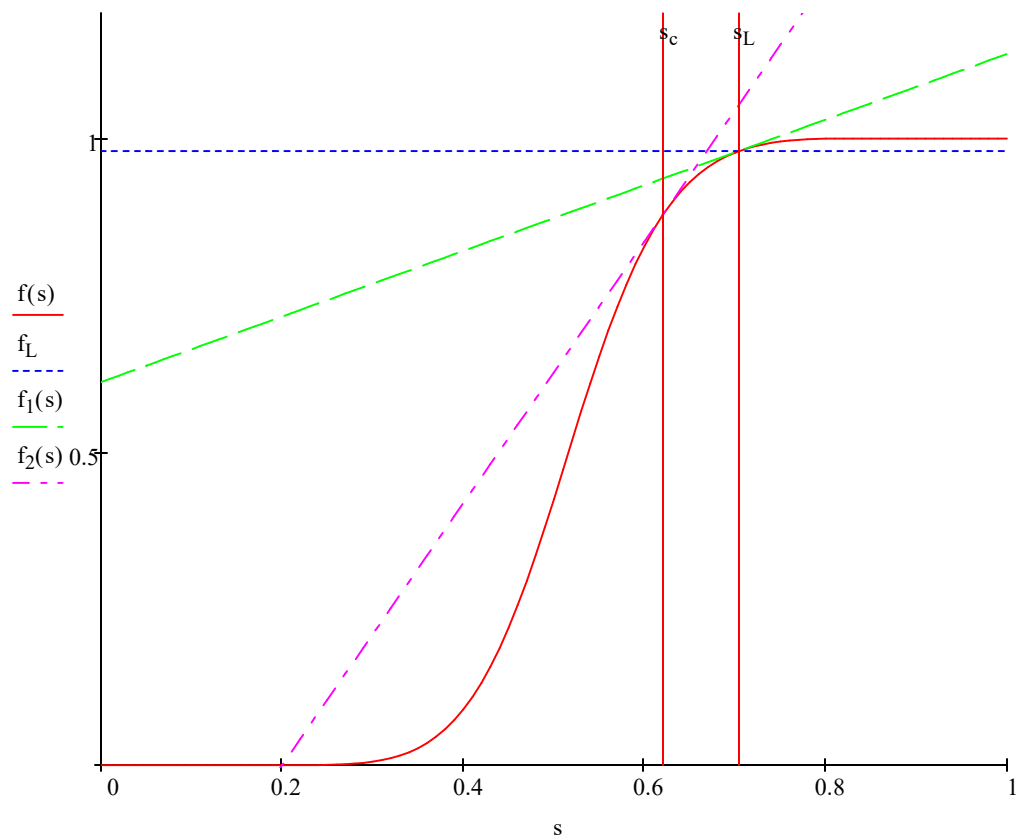
Значения s_0 , s' , позволяют рассчитать коэффициенты безводной η_n и конечной η_{n0} нефтеотдачи по формулам:

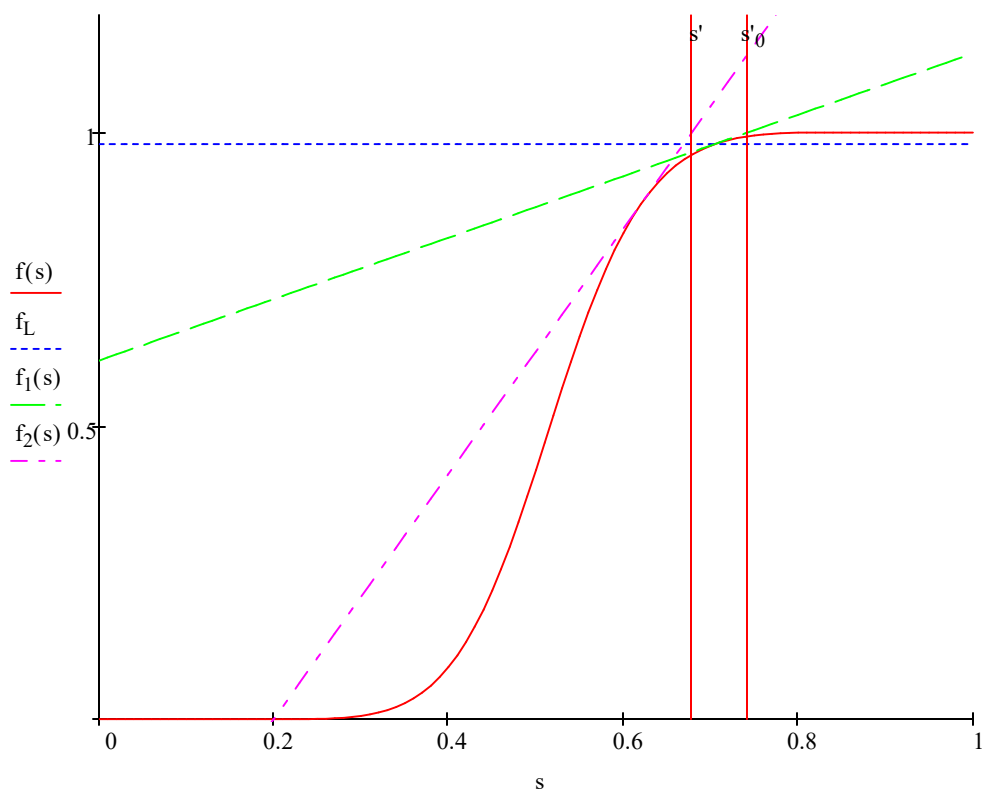
$$\eta_n := \frac{s' - s_0}{1 - s_0} = 0.598$$

$$\eta_{n0} := \frac{s'_0 - s_0}{1 - s_0} = 0.678$$

$$f_2(s) := f(s_c) \cdot (s - s_c) + f(s_c)$$

$$s_w := 0, 0.01 \dots 1$$





Поверхности $s(x, y)$ и $s(r)$ построены с использованием шаблона Surface Plot и параметрическим заданием функций координат. Определение матриц значений функций координат для плоскорадиального вытеснения отражено. Имена матриц вводятся в шаблоне в скобках через запятую.

$$y := 2$$

$$x := 0.2$$

$$s := 0, 0.01 \dots 10$$

Given

$$y = f(x)$$

$$\underline{A} := \text{Find}(x) = 0.406$$

$$x_{\min} := A$$

$$x_{\max} := s_c$$

$$d := 1000$$

$$\Delta := \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{d}$$

$$f_{sh}(x) := f(x)$$

$$f_{shh}(x) := f(s_c)$$

$$x_{\min 1} := s_0$$

$$x_{\max 1} := A$$

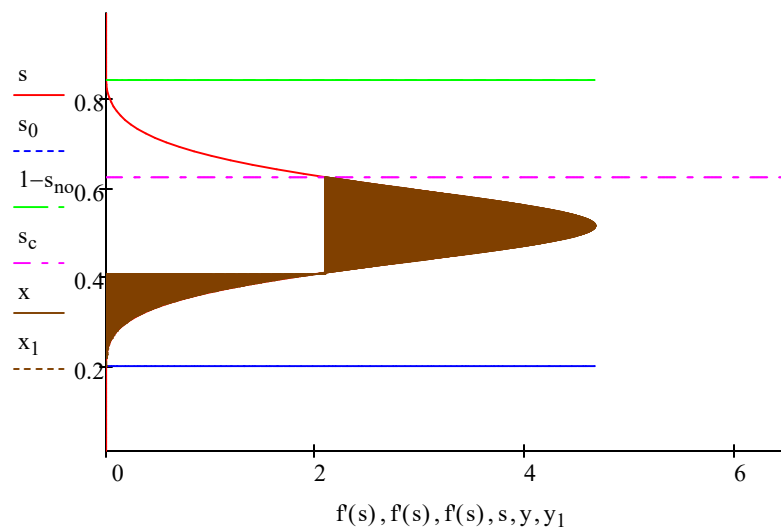
$$\mathbf{f}_{\text{sh1}}(\mathbf{x}_1) := \mathbf{f}(\mathbf{x}_1)$$

$$\begin{pmatrix} \underline{x} \\ \underline{y} \end{pmatrix} := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0, 2 \dots d \\ \quad \underline{x}_i \leftarrow \underline{x}_{\min} + \Delta \cdot i \\ \quad \underline{x}_{i+1} \leftarrow \underline{x}_i + \Delta \\ \quad \underline{y}_i \leftarrow f_{\text{sh}}(\underline{x}_i) \\ \quad \underline{y}_{i+1} \leftarrow f_{\text{shh}}(\underline{x}_{i+1}) \end{array} \right. \begin{pmatrix} \underline{x} \\ \underline{y} \end{pmatrix}$$

$$f_{\text{shh1}}(\mathbf{x}_1) := 0$$

$$\Delta_1 := \frac{(x_{\max 1} - x_{\min 1})}{d_1}$$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} := \left| \begin{array}{l} \text{for } j = 0, 2 \dots d \\ \left| \begin{array}{l} x_{1_j} \leftarrow x_{\min 1} + \Delta_1 \cdot j \\ x_{1_{j+1}} \leftarrow x_{1_j} + \Delta_1 \\ y_{1_j} \leftarrow f_{\text{shl}}(x_{1_j}) \\ y_{1_{j+1}} \leftarrow f_{\text{shh1}}(x_{1_{j+1}}) \end{array} \right. \end{array} \right. \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$$



$$s_1 := \int_{s_c}^A \left(f(s_c) - \frac{d}{ds} f(s) \right) ds = 0.33$$

$$s_2 := \int_A^{s_c} \left(\frac{d}{ds} f(s) - f(s_c) \right) ds = 0.33$$

$$f(s) := \frac{\left(\frac{s-s_0}{1-s_0}\right)^{3.5}}{\left(\frac{s-s_0}{1-s_0}\right)^{3.5} + \mu_0 \cdot \left(\frac{1-s_{no}-s}{1-s_{no}}\right)^{2.8} \cdot (1+2.4 \cdot s)}$$

$$h(s) := \left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{ds} f(s) \quad \text{if } s_c \leq s < 1-s_{no} \\ f(s_c) \quad \text{if } s_0 \leq s < s_c \\ 0 \quad \text{if } 1-s_{no} \leq s \end{array} \right.$$

$$N := 30$$

$$ii := 0..N$$

$$jj := 0..N$$

$$L := 10$$

$$B := 500$$

$$S_{ii} := s_0 + \left(1-s_{no}-s_0\right) \cdot \frac{ii}{N}$$

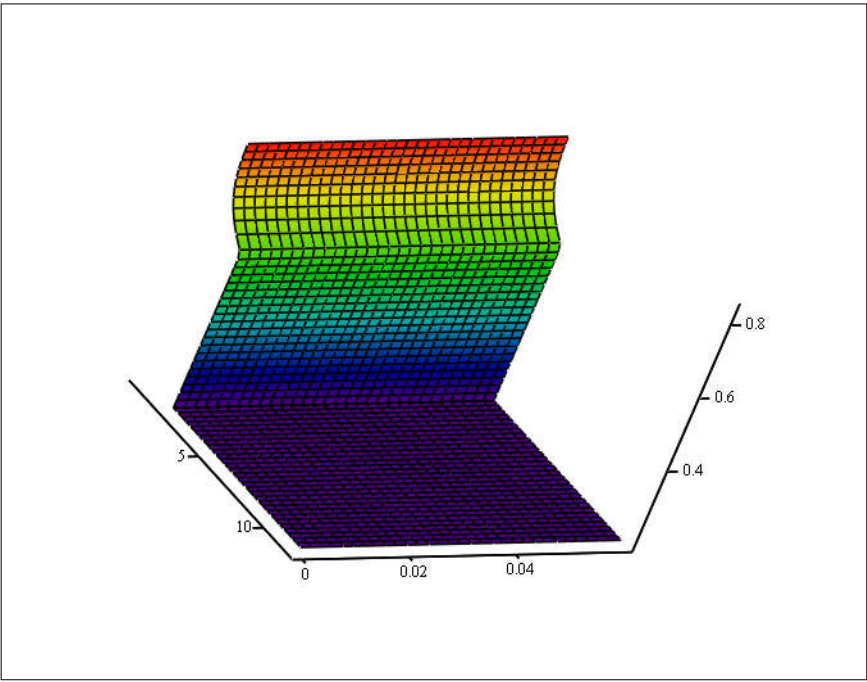
$$xq_{ii,jj} := \left| h\left(S_{ii}\right) \right|$$

$$xx_{ii,jj} := h\left(s_0\right) + \left(L-s_0\right) \cdot \frac{ii}{N}$$

$$yq_{ii,jj} := \frac{jj}{B}$$

$$zz_{ii,jj} := s_0$$

$$zq_{ii,jj} := S_{ii}$$



$$(xq,yq,zq),(xx,yq,zz)$$

$$h(s) := \begin{cases} \sqrt{\frac{d}{ds}f(s)} & \text{if } s_c \leq s < 1 - s_{no} \\ \sqrt{f(s_c)} & \text{if } s_0 \leq s < s_c \\ 0 & \text{if } 1 - s_{no} \leq s \end{cases}$$

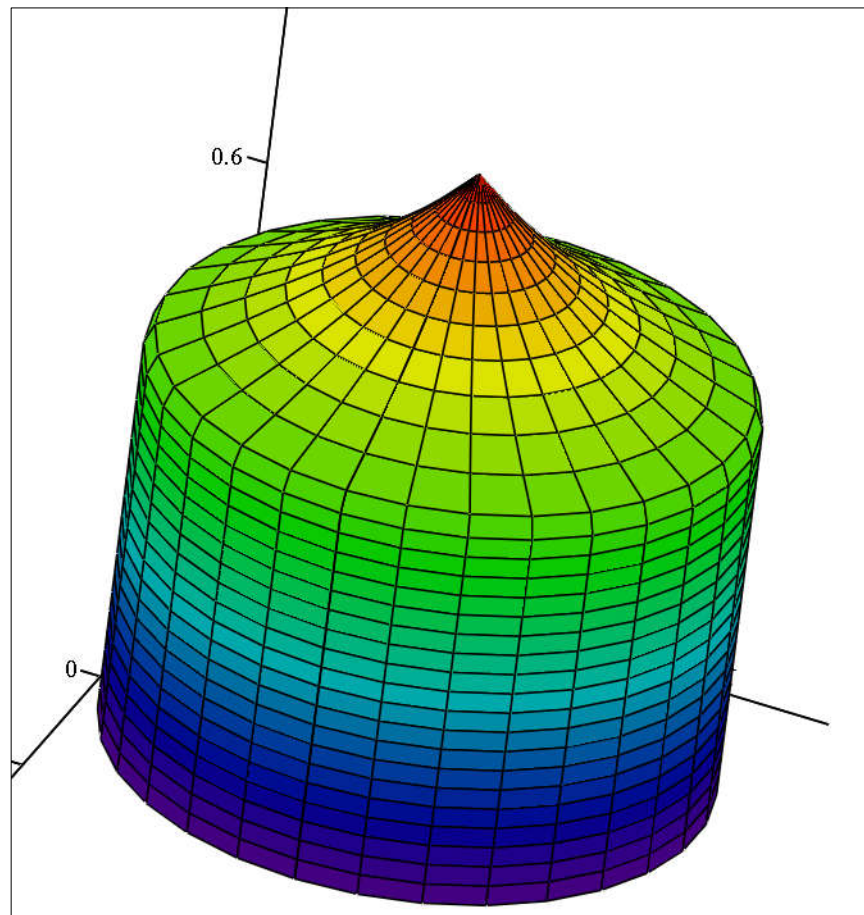
$$N:=30$$

$$ii:=0..N\qquad jj:=0..N$$

$$\Phi_{ii}:=2\pi\cdot\frac{ii}{N}$$

$$s_{jj}:=s_0+\left(1-s_{no}-s_0\right)\cdot\frac{jj}{N}$$

$$xq_{ii,jj}:=\left|h\left(s_{jj}\right)\right|\cdot\cos\left(\Phi_{ii}\right)\qquad yq_{ii,jj}:=\left|h\left(s_{jj}\right)\right|\cdot\sin\left(\Phi_{ii}\right)\qquad zq_{ii,jj}:=s_{jj}$$



(xq, yq, zq)

Рассчитанные параметры для проверки.

$$\begin{aligned}
 s_0 &= 0.2 & s_{n0} &= 0.16 & \mu_0 &= 0.25 & s_c &= 0.622 & s' &= 0.678 \\
 s_L &= 0.705 & s'_0 &= 0.743 & \eta_n &= 0.598 & \eta_{n0} &= 0.678
 \end{aligned}$$

Вывод: определены основные показатели вытеснения нефти водой с использованием функции Бакли-Лeverетта; были определены параметры вытеснения, построены схематичный профиль насыщенности при прямолинейно-параллельном вытеснении нефти водой, поверхности изосат при прямолинейно-параллельном и плоскоидальном вытеснении нефти водой.