

## Моделирование движения степенной жидкости гидроразрыва в трещине имеющей контраст характеристик пласта.

*Р.Э. Сабиргалиев, А.А. Быков, Н.А. Завьялова*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Развитием работы [1] является исследование влияния контраста физических параметров пласта (коэффициента Пуассона, модуля Юнга, поля напряжений) на течение жидкости ГРП в трещине. Примем, что раскрытие трещины много меньше двух других линейных размеров, а так же то, что реализуется профиль течения Пуазейля в плоском канале. В таких предположениях поток степенной жидкости определяется как:

$$\begin{cases} \frac{\partial h(x, y, t)}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{q}_m(x, y) = v_{\text{притока}}(x, y) + v_{\text{утечек}}(x, y), (x, y) \in \Omega_1 \\ \frac{\partial h(x, y, t)}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{q}_m(x, y) = v_{\text{утечек}}(x, y), (x, y) \in \Omega_2 \setminus \Omega_1 \end{cases} \quad (1)$$

здесь  $\Omega_1$  - область источника жидкости  $\Omega_2$  - область трещины,  $v_{\text{притока}}$  - функция притока флюида,

$h(x, y, t)$  - раскрытие трещины,  $v_{\text{утечек}}$  - функция утечек (модель Картера),  $\mathbf{q}_m$  - поток жидкости.

$$\mathbf{q}_m = \begin{pmatrix} -\frac{\partial p}{\partial x} + \rho g_x \\ -\frac{\partial p}{\partial y} + \rho g_y \end{pmatrix} \left( \frac{\|\nabla p - \rho \mathbf{g}\|^{1-n}}{K} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{nh}{1+2n} \left( \frac{h}{2} \right)^{\frac{1+n}{n}} \quad (2)$$

здесь  $p$  - давление жидкости на трещину,  $\rho$  - плотность жидкости,  $g_x, g_y$  - ускорения свободного падения вдоль оси  $Ox$  и  $Oy$  соответственно,  $K$  - коэффициент густоты потока степенной жидкости,  $h$  - раскрытие трещины,  $n$  - степень жидкости.

В модели (2) учтён степенной ( $n < 1$  - псевдопластическая жидкость,  $n = 1$  - ньютоновская жидкость,  $n > 1$  - дилатантная жидкость) закон зависимости вязкости жидкости от градиента скорости вдоль оси, перпендикулярной к плоскости сдвига слоёв жидкости:

$$\mu = K \left( \frac{q_m}{h^2} \right)^{n-1} \quad (2)$$

В качестве исследования распространения жидкости ГРП неньютоновской реологии ( $n = 0.8$ ,  $K = 9.1645 \cdot 10^{-5} \text{ атм} \cdot \text{с}^{0.8}$ ) была выбрана слоистая среда, заданная в Таблице 1.

Результаты численного расчета, приведенные на Рис. 1 показали, что жидкость ГРП не перетекает в соседние слои, а распространяется только в рамках одного слоя (номер слоя 3), в котором расположен источник жидкости.

Номер слоя	Толщина слоя, м	Модуль Юнга, МПа	Коэффициент Пуассона	Внешнее напряжение, атм
1	25	$0,49 \cdot 10^5$ (гранит)	0,3	200
2	15	$2,5 \cdot 10^5$	0,33	200
3	50	$0,18 \cdot 10^5$ (песчаник)	0,25	200
4	10	$2,5 \cdot 10^5$	0,33	200
5	50	$0,49 \cdot 10^5$ (гранит)	0,3	200

Таблица 1. Характеристики пласта

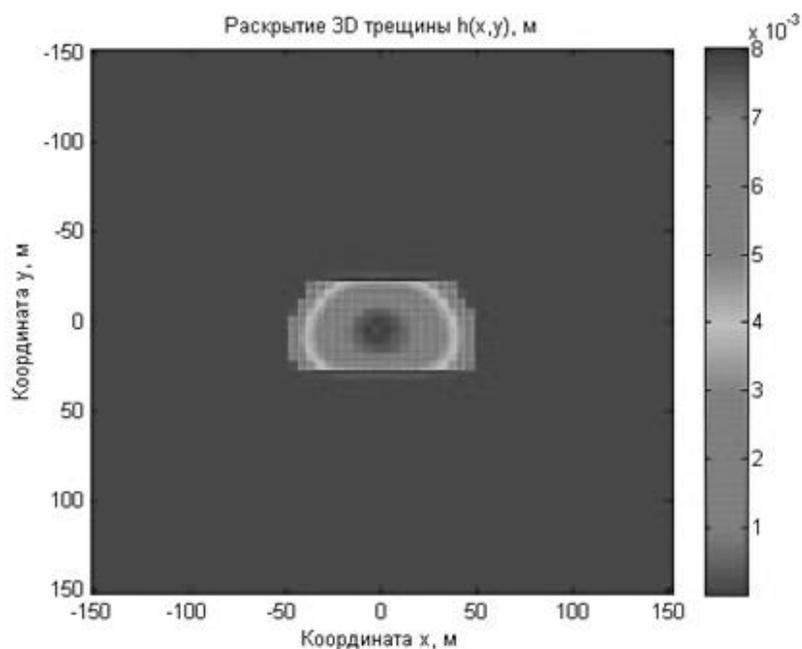


Рис. 1. Полученное поле раскрытий в трещине после закачки 12 кубических метров жидкости ГРП

### Литература

1. *Сабиргалиев Р.Э., Быков А.А., Завьялова Н.А.* // Труды 58-й научной конференции МФТИ «Моделирование движения жидкости гидроразрыва в трещине, изменяющей свои геометрические характеристики». – 2015