

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ В НЕОДНОРОДНЫХ ОРТОТРОПНЫХ ПОРИСТЫХ СРЕДАХ**Нұрғалиев Ақжол Парасатұлы**

магистрант, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, Казахстан, г. Усть-Каменогорск

Исследовательская работа предназначена для моделирования процесса движения однофазной жидкости в неоднородной ортотропной пористой среде[1-3]. Актуальность исследования связана, в первую очередь, с возможностью прогнозирования процессов, протекающих в нефтяных пластах при разработке месторождений. Однако, многие работы включают простые предположения, что среда является однородной и изотропной. Игнорирование особенностей этой среды может оказать существенное влияние на результаты моделирования, что в свою очередь может снизить показатели подачи нефти. В этой работе проводится моделирование процесса фильтрации с коэффициентом проводимости в виде диагонального тензора, а пористость – в виде функции давления, близкого к значениям конкретных месторождений. Это существенно затрудняет постановку задачи, а также ее количественное решение. Цель работы-разработка алгоритмов для цифровой реализации модели движения однофазной жидкости в неоднородной ортотропной пористой среде.

Актуальность рассматриваемого отчета в работе, в первую очередь, связана с использованием в теории разработки месторождений аномальной нефти. Такие расчеты используются для обработки коллекторов низкой и более низкой проводимости, разработки газовых месторождений, изучения движения не ньютоновых, вязких пластиковых жидкостей. В этой работе были изучены качественные свойства четырех количественных методов реализации модели, характеризующих движение жидкости в анизотропной среде, количественно обоснованы устойчивость и комплектность разностных схем. Получение графиков, отражающих данный физический процесс.

Постановка задачи.

Рассмотрим движение жидкости L в однородной пористой среде без учета однофазных и гравитационных сил в прямоугольной двухмерной области. Этот физический процесс характеризуется следующими уравнениями:

1. уравнение непрерывности:

$$\varphi \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} = q$$

где:

 φ

- пористость;

 ρ

- плотность жидкости;

$\vec{u} = (u_x - u_y)$ - скорость движения жидкости;

u_x, u_y - компоненты вектора скорости;

q- источник движения (например, скважина);

2. уравнение движения, характеризующееся линейным законом Дарси:

$$u_x = -\frac{k_x}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x}$$

$$u_y = -\frac{k_y}{\mu} \frac{\partial p}{\partial y}$$

где:

p - давление жидкости;

μ - вязкость;

K - абсолютная проводимость среды;

В изотропной среде величину K можно принимать стабильно, а в анизотропной среде K -симметричный линейный ортогональный тензор второго ранга:

$$K = \begin{pmatrix} k_x & 0 \\ 0 & k_y \end{pmatrix}$$

$$k_x = \begin{cases} 3 * 10^{-12} \text{ м}^2, \text{ егер } y < -10 * x + 5 \\ 7 * 10^{-12} \text{ м}^2, \text{ егер } y \gg -10 * x + 5 \end{cases}$$

$$k_y = \begin{cases} 5 * 10^{-12} \text{ м}^2, \text{ егер } y < -10 * x + 5 \\ 10^{-12} \text{ м}^2, \text{ егер } y \gg -10 * x + 5 \end{cases}$$

3. уравнение состояния жидкости:

$$\rho(p) = \rho_0 (1 + \beta(p - p_0))$$

где:

$$\beta = \frac{\partial \rho}{\partial p} \text{ - коэффициент сжимаемости жидкости;}$$

p_0 и ρ_0 – начальное давление и плотность жидкости;

Основным признаком этого расчета является давление жидкости. Остальные знаковые узорятся под давлением.

Давайте сделаем дополнительные суждения о физическом процессе. Например, L- пусть будет несжимаемой и однородной жидкостью, то есть $\rho = \text{const}$. В этом случае, можно убедиться в

$$\beta = 0, \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

том, что при непосредственных вычислениях . Давайте сделаем дополнительные суждения о физическом процессе.

С учетом вышеуказанных соображений уравнение непрерывности (8) имеет следующий вид:

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} = 0$$

Теперь рассмотрим расчет уравнений(8)-(12) в удобном виде. Для этого уравнения (9) и (10) (8) переносят уравнения непрерывности (8):

$$-\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k_x}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{k_y}{\mu} \frac{\partial p}{\partial y} \right) = f$$

Присвоить граничных условиях второго рода на границе области:

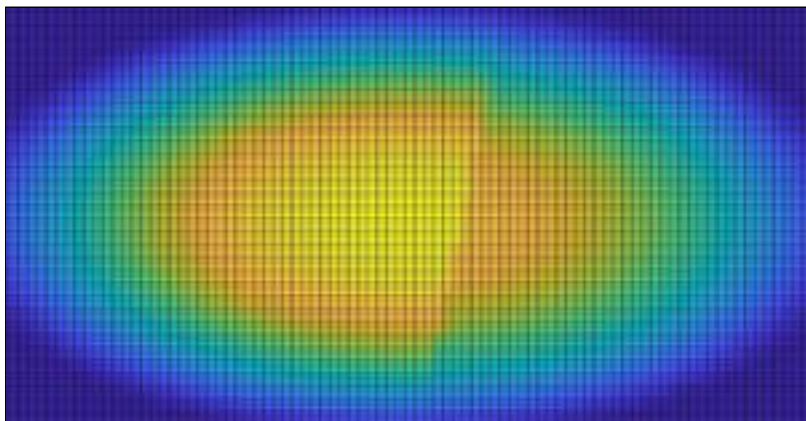
$$p|_{\Gamma} = \gamma.$$

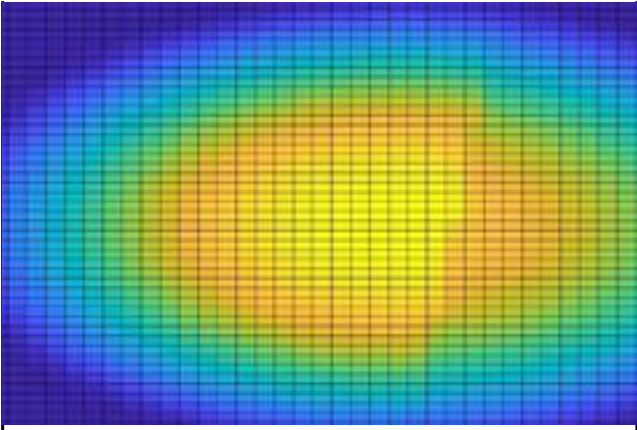
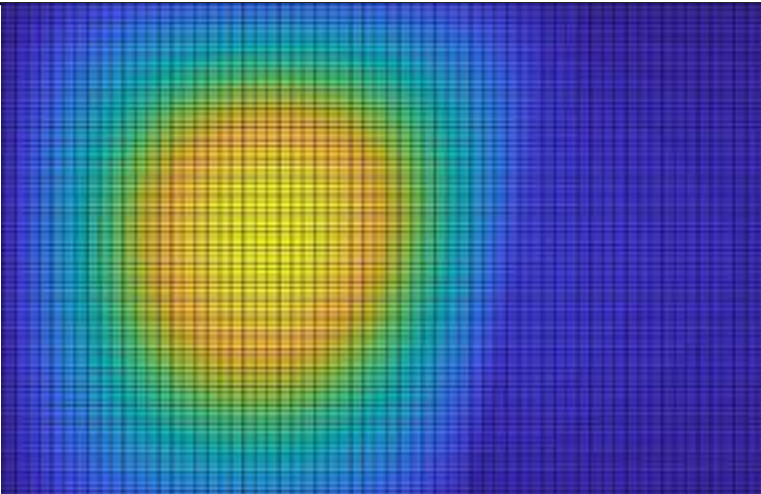
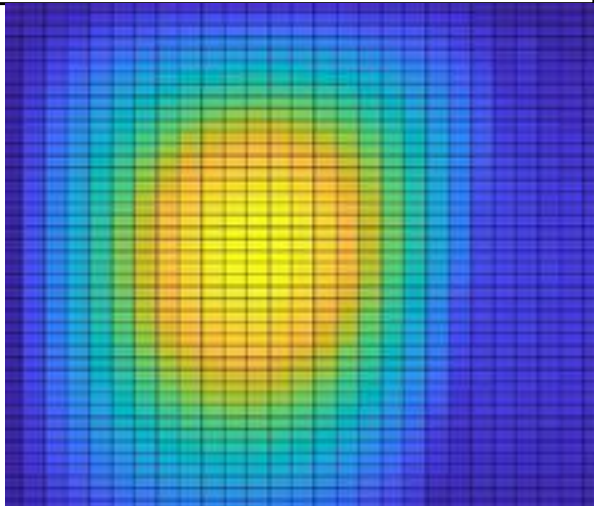
(7) в результате преобразования уравнения к непереносному виду приводится к следующему виду.

$$-\frac{\partial}{\partial x^*} \left(\frac{k_x^*}{\mu^*} \frac{\partial p^*}{\partial x^*} \right) - \frac{\partial}{\partial y^*} \left(\frac{k_y^*}{\mu^*} \frac{\partial p^*}{\partial y^*} \right) = v f$$

Для реализации приведенного выше уравнения (8) используем итерационные алгоритмы.

В ходе расчетной практики можно увидеть следующие результаты:



	
Рисунок 1. Результаты метода Зейделя при наличии $h=1/100$	Рисунок 2. Результаты метода Зейделя при наличии $h=1/50$
	
Рисунок 3. Результаты метода переменных направлений при $h=1/100$	Рисунок 4. Результаты метода переменных направлений при $h=1/50$

Список литературы:

1. 1 Ахметсафина А.Р., Миннихметов И.Р., Пергамент А.Х. Фильтрация в анизотропной трещиноватой среде // Вестник ЦКР Роснедра. – 2010. - №3 . – С. 36-52.
2. 2 Ажиханов Н.Т. Некоторые вопросы исследования фильтрации жидкости в анизотропной пористой среде // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 3 – С. 122-127.
3. Толпаев, В. А. Математические модели двумерной фильтрации в анизотропных, неоднородных и многослойных средах. - Автореферат диссертации на соискание степени доктора физико-математических наук. – 2004.