МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ПЕРФОРИРОВАННОЙ ТРУБЕ

Письменский А.В.
Кубанский государственный университет, г. Краснодар

Письменский А.В.
Кубанский государственный университет

В настоящий момент широко распространен метод нефтедобычи, состоящий в выкачивании нефти, содержащейся между пластами твердой породы, по перфорированной трубе, нижний конец которой запаян. Эффективность данного метода во многом зависит от конфигурации, взаимного расположения отверстий, геометрических параметров трубы и природы прокачиваемой через нее жидкости.

В данной работе предложена двумерная математическая модель движения жидкости в трубе с расположенными вдоль отверстиями и запаянным торцом, основанная на краевой задаче для системы уравнений Навье-Стокса в приближении Буссинеска.

Для численного решения поставленной задачи использована стандартная равномерная сетка и дискретное представление функций. Алгоритм решения основан на применении явной разностной схемы и представляет переход от текущего слоя по времени к следующему слою. При этом добавлено краевое условие для функции вихря на границах стенка/жидкость, а именно условие Тома первого порядка [2]. Программа «OilDC», реализующая вышеуказанный алгоритм, написана в среде BORLAND DELPHI. Ее главная экранная форма представвлена на рис. 1.

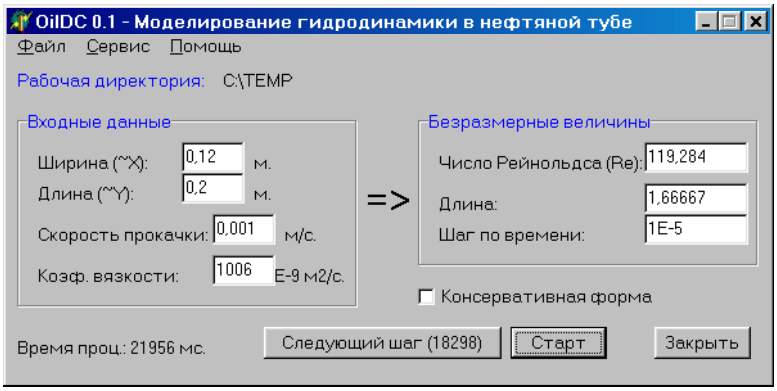

Рис.1. Главная экранная форма программы «OilDC»

Программа предоставляет возможность варьировать условия подачи и вывода раствора, а также геометрические параметры рассматриваемого фрагмента трубы, что позволяет определять оптимальное расположение и размер отверстий для заданных внешних условий. Результаты расчетов по желанию пользователя сохраняются в файлах в формате MATLAB. Анализ полученных данных производится с использованием программного пакета MATLAB, который предоставляет широкие возможности по обработке числовых данных и, в частности, позволяет наглядно представить полученные данные в виде двух- и трехмерных графиков. С использованием пакета MATLAB проведен анализ результатов численных расчетов для трубы с различным расположением и размерами отверстий, а также средними скоростями и коэффициентами вязкости поступающей в нее жидкости.

Анализ полученных данных показывает, что при условиях, соответствующих представленным на рис. 2а, в трубе возникает ламинарное течение, близкое к ползучему. При условиях, соответствующих представленным на рис. 2б и 2в заметно возникновение множества вихрей, которые могут влиять на коэффициент гидравлического сопротивления в трубе, а следовательно, и на эффективность добычи нефти.

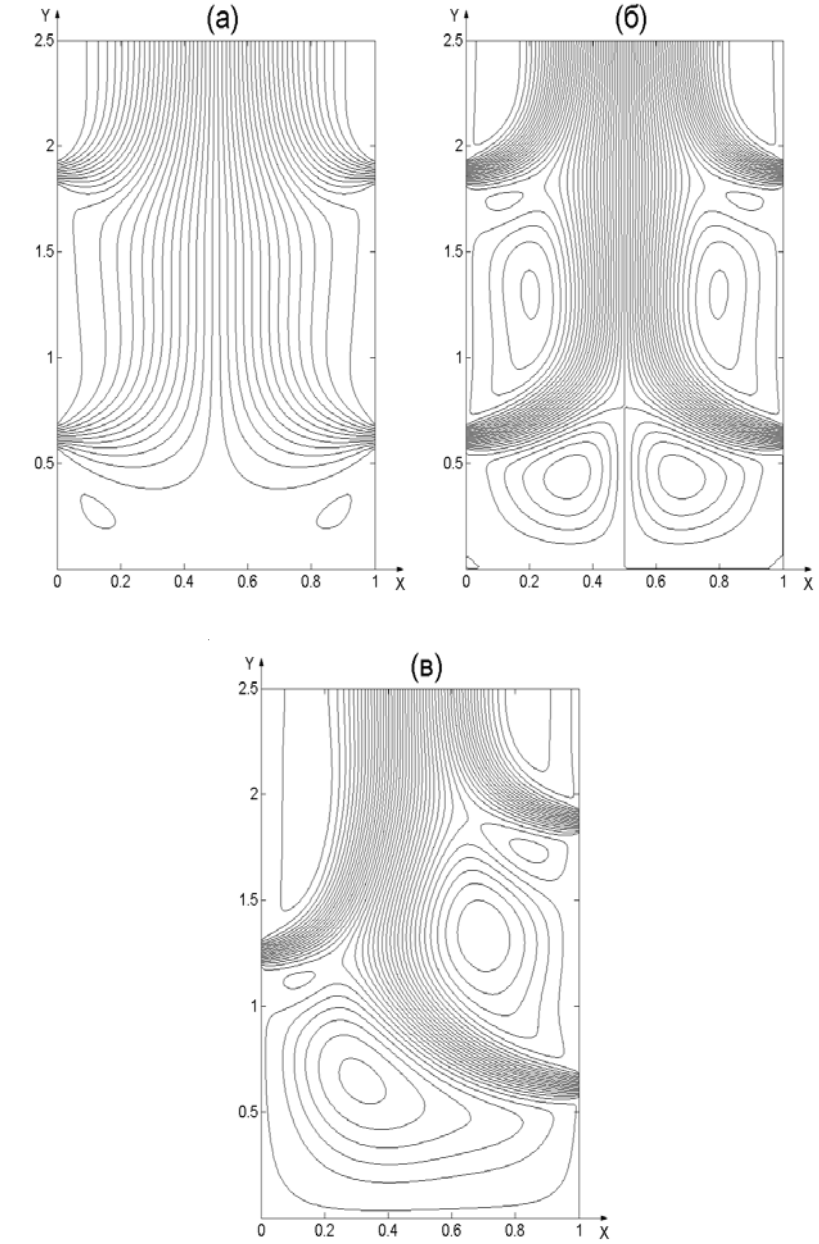

Рис. 2. Линии тока жидкости при ее поступлении из двух пар симметрично расположенных отверстий со скоростью (а) 0.1 мм/с (Re=12), (б) 1 мм/с (Re=120); (в) из одного отверстия на одной стенке и двух отверстий на другой стенке со скоростью 1 мм/с (Re=120). Расчет произведен для диаметра трубы 12см, длины 30см, коэффициента вязкости $1.006 \cdot 10^{-6} м^2/с$, размера отверстий ≈1см

Автор считает, что расчеты с использованием созданной программы «OilDC» могут быть использованы для повышения эффективности одного из основных методов нефтедобычи.

Литература

1. *Григин А.П., Давыдов А.Д.* Естественная конвекция в электрохимических системах // Электрохимия. 1998. Т.34. №11. С.1237-1263.
2. *Роуч П.* Вычислительная гидродинамика. М.: Мир, 1980. 616 с.