

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОМАСШТАБНЫХ МЕТОДОВ К ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ТРЕЩИНАТО-ПОРИСТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

В.П. Косяков, А.А. Пятков, Д.В. Зеленин

Эксплуатация нефтяных месторождений с трещиновато-поровым типом коллектора сопряжена не только с технологическими проблемами, возникающими при разработке, но и с проблемами, возникающими на этапе гидродинамического моделирования. Трещины имеют небольшой относительный поровый объем, что, в совокупности с большой проницаемостью, накладывает ограничение на выбор расчетного шага по времени [1]. Необходимо соблюдение условия устойчивости и сходимости численной схемы: за один временной шаг фронт не должен преодолевать расстояние большее размеров расчетного блока [2]. Также для более точного описания фильтрации жидкости в трещиновато-пористом коллекторе необходимо строить детальную математическую модель месторождения. Характерное число расчетных блоков в данном случае может составить порядок 10^5 - 10^6 . Таким образом, расчет с использованием подробной гидродинамической модели трещиновато-пористого коллектора будет занимать значительные временные и вычислительные ресурсы.

Для решения данной проблемы предлагается применение многомасштабного метода: по времени, для расчета фильтрации внутри трещины и по пространству, для расчета фильтрации в поровой матрице.

Суть многомасштабного метода по времени заключается в том, что область с повышенной проводимостью (трещина/двойная среда) между блоками рассчитывается отдельно с меньшим шагом по времени, когда основная поровая матрица считается с оптимальным временным шагом. Исследование проводилось на примере модели блока с пятиточечной схемой расстановки скважин с дискретной трещиной. Рассчитывалось два варианта:

1. С одинаковым временным шагом для поровой матрицы и трещины (без использования многомасштабного метода по времени)
2. С различными временными шагами для поровой матрицы и трещины (с использованием многомасштабного метода по времени)

Из рисунка 1 видно, что основные показатели разработки, такие как коэффициент извлечения нефти (КИН), обводненность и пластовое давление, удовлетворительно совпадают для обоих вариантов расчета. Время расчета первого варианта составило 140 мин., а второго – 20 мин.

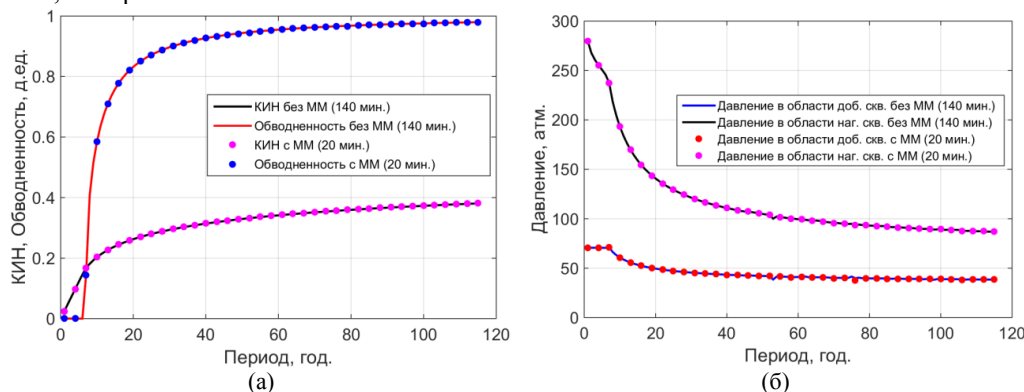


Рис. 1. Сопоставление основных показателей разработки для двух вариантов расчёта с использованием и без использования многомасштабного метода по времени, где а – динамика КИН и обводненности и б – динамика пластового давления вблизи скважин.

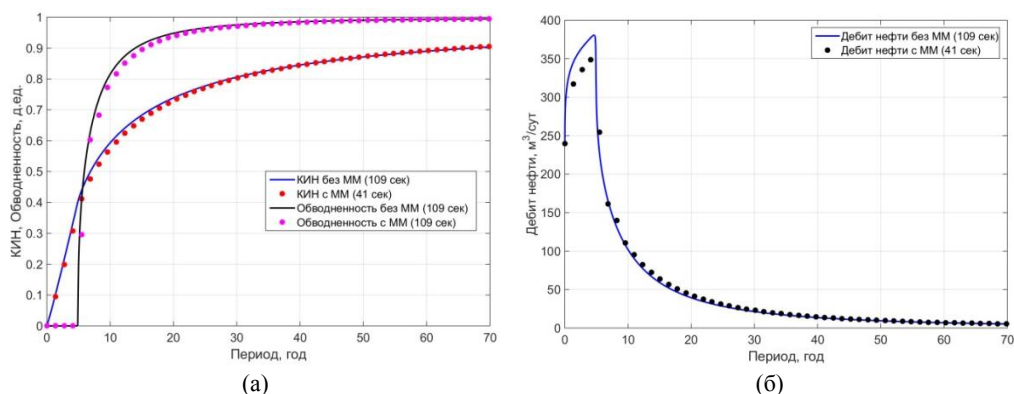


Рис.2. Сопоставление основных показателей разработки для двух вариантов расчёта с использованием и без использования многомасштабного метода по пространству, где а – динамика КИН и обводненности и б – динамика дебита нефти.

В процессе численного решения задач многофазной фильтрации последовательно рассчитываются поля давления и водонасыщенности. При этом, как правило, гидродинамическая модель состоит из большого количества расчетных блоков (ячеек), что требует значительных вычислительных затрат. Следовательно, сокращение количество расчётных блоков позволит сократить время расчёта. Одним из возможных способов уменьшения количества разностных ячеек является многомасштабный метод по пространству. Он предполагает использование крупной сетки для вычисления поля давления и мелкой сетки для расчёта насыщенности [3].

Исследование проводилось на примере модели блока с пятиточечной схемой установки скважин. Рассчитывалось два варианта:

1. Без использования многомасштабного метода по пространству, то есть с одинаковым количеством ячеек (1681 ячейка) для расчета полей давления и водонасыщенности
2. С использованием многомасштабного метода по пространству, то есть с различным количеством ячеек для расчета: для поля давления 13 ячеек, для поля водонасыщенности 1681 ячейка.

Из рисунка 2 видно, что основные показатели разработки, такие как коэффициент извлечения нефти, обводненность и дебит нефти удовлетворительно совпадают для обоих вариантов расчета. Время расчета первого варианта составило 109 с., а второго – 41 с.

Таким образом, представленные многомасштабные методы являются довольно эффективными с точки зрения увеличения скорости расчета. В отличие от простого сокращения количества расчётных ячеек и увеличения шага по времени многомасштабные методы сохраняют прогнозную способность модели, что позволяет использовать их как в академических, так и в промышленных целях. В будущем планируются проведение исследований с одновременным применением данных методов. Одним из возможных вариантов применения представленных методов является проведение расчетов на моделях трещиновато-пористых коллекторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **К.С. Басниев, И.Н. Кочина, В.М. Максимов** Подземная гидромеханика М.: Недра, 1993, 416 стр.
2. **Р.Д. Каневская** Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов М.-Ижевск: ИКИ, 2002, 140 стр.
3. **Zhou, Hui**. Algebraic multiscale finite-volume methods for reservoir simulation. Stanford : A dissertation submitted to the department of energy resources engineering and the committee on graduate studies of Stanford university in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy, 2010.