

Исследование влияния дискретизации расчетной сетки на результат численного решения в случае двухфазной плоскорадиальной фильтрации

*А.В. Иванов, С.В. Степанов
(ООО «Тюменский нефтяной научный центр»)*

Как известно, точность численного решения во многом зависит от дискретизации расчетной сетки. Очевидно, что для получения более точного решения необходимо использовать расчетные сетки с малыми пространственными шагами, однако использование таких сеток приводит к увеличению продолжительности расчета и необходимого объема оперативной памяти ЭВМ. Число узлов расчетных сеток можно уменьшить, учитывая специфику пространственного изменения физических параметров и связанную с этим точность аппроксимации производных конечными разностями. Так, в известной монографии Х. Азиза, Э. Сеттари, для случая плоскорадиальной фильтрации однофазной жидкости в однородном пласте исходя из логарифмического вида эпюры давления обосновывается расположение узлов расчетной сетки по геометрической прогрессии. При моделировании реальных добывающих скважин притекающая жидкость неоднородна, поэтому для обеспечения одинаковости в ошибке аппроксимации, расчетная сетка, очевидно, должна учитывать структуру насыщения. Поскольку насыщенность пласта зависит не только от пространственных координат, но и от времени, для создания равномерной точности аппроксимации можно использовать адаптивные расчетные сетки. Основная идея методов динамически адаптивных сеток состоит в уменьшении размеров ячеек в тех зонах расчетной области, где возникают большие ошибки решения.

Основной целью данной работы было исследование влияния адаптивной расчетной сетки на результат численного решения в случае двухфазной плоскорадиальной фильтрации. Алгоритм вычисления адаптивной сетки на каждом расчетном шаге предполагает изменение расположения координат узлов сетки без изменения их числа.

В рамках исследования рассмотрена модельная постановка, в которой нагнетательная скважина, работающая с постоянной приемистостью, окружена кольцевой батареей добывающих скважин, работающих с постоянным забойным давлением. В такой постановке задачу можно рассматривать как плоскорадиальную. Реализованный алгоритм предполагает равномерное сгущение узлов сетки в области, имеющей наибольший градиент насыщенности. Узлы сетки изменяли на каждом временном шаге. Значения параметров в новых узлах сетки вычисляли исходя из линейной интерполяции.

Для оценки эффективности адаптивной динамической сетки были рассчитаны варианты со стационарной расчетной сеткой: вариант, имеющий то же число узлов, что и в динамической сетке, и эталонный вариант со значительно большим числом узлов. Анализ вариантов показал, что динамическая сетка обладает более точным решением по давлению, решение по насыщенности, хотя и не описывает точное местоположение фронта вытесняющей фазы, позволяет получить характерный резкий скачок насыщения.

Использование метода динамически адаптивных сеток для случая плоскорадиальной фильтрации двухфазной жидкости в однородном пласте имеет преимущества перед стационарными расчетными сетками. Разработанный метод позволяет уменьшить ошибку аппроксимации, не прибегая к увеличению числа узлов расчетной сетки.