

Метод построения адаптивной сетки для задачи однофазной фильтрации жидкости в пористой среде

ШИЛОВСКИЙ МАКСИМ ВИКТОРОВИЧ

Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск), Россия
e-mail: max-in-3d@yandex.ru

Простейшей моделью просачивания в пористой среде является модель фильтрации однофазной слабосжимаемой жидкости. Такая модель основывается на законе Дарси и эмпирическом соотношении плотности и давления жидкости. Ее основными параметрами являются коэффициенты проницаемости среды и сжимаемости флюида. Так как на практике проницаемость среды часто существенно меняется на небольшом расстоянии, для получения адекватного с физической точки зрения решения конечноэлементными методами требуется достаточно подробная сетка. Проведенные численные эксперименты показали, что качество сетки вблизи фронта движения жидкости существенно влияет на поведение решения. Был разработан алгоритм построения адаптивного конечно-элементного разбиения, который позволил автоматизировать подбор оптимальной триангуляции. Предлагаемый метод основан на подсчете отклонения правой части f уравнения, рассчитанного по полученному численному решению, от заданной правой части F . Для каждого элемента триангуляции рассчитывалась величина интеграла от квадрата разности $(f-F)$ на данном элементе методом численного интегрирования (использовался метод Гаусса четвертого порядка). Величина f рассчитывалась как численная аппроксимация оператора дифференциального уравнения для полученного решения. Те элементы, величина данной разности на которых превышала среднее значение, разбивались на более мелкие, причем количество новых элементов определялось по тому, насколько разность $(f-F)$ на элементе превышала заданную. Так как для решения уравнения использовался разрывный метод Галеркина, согласования полученных элементов с остальными не требовались. Так же возможно регулировать порядок базисных функций в зависимости от величины $(f-F)$, тем самым реализуя hp -стратегию.

Был проведен численный эксперимент на модельной задаче с использованием приближенных к реальным данным. Для получения адаптивной сетки сначала был проведен расчет задачи разрывным методом на начальной сетке до момента времени $t=300$. Затем та же задача рассчитывалась на исходной и на адаптивной сетке с начальным шагом $\Delta t=5$ до момента времени $t=150c$. Было обнаружено, что, если на исходной сетке наблюдались значительные по модулю отрицательные (нефизичные) значения плотности вблизи фронта жидкости, то после адаптации количество и абсолютные величины таких значений существенно уменьшились. Скачки решения, характерные для разрывного метода Галеркина, оказались значительно меньшими во втором случае. Отклонение от правой части решения, полученного на исходной сетке, превысило отклонение в случае адаптации. Таким образом, даже использование адаптированной сетки, одинаковой для всех временных слоев, позволяет улучшить качество решения. В дальнейшем, планируется исследовать результаты, полученные при адаптации сетки для каждого временного слоя.