

Численная оценка эффективных коэффициентов проницаемости цифрового керна на масштабе пор

Научный руководитель – Яковлев Максим Яковлевич

Луценко Павел Вячеславович

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва,
Россия

E-mail: pavel.lutcenko@math.msu.ru

Проницаемость горных пород — это свойство, определяющее способность горных пород пропускать жидкости, например, воду, нефть, газ, через свои поры или трещины. Проницаемость зависит от структуры породы, размера и формы пор, а также от наличия трещин. Изучение проницаемости горных пород является ключевым аспектом в нефтегазовой промышленности. Высокая проницаемость позволяет нефти и газу легче двигаться к скважинам, что увеличивает эффективность добычи. Существуют методики лабораторных экспериментов для определения проницаемости кернов - образцов горных пород, добытых из глубины Земли с помощью специального вида бурения. Данный доклад посвящён численной оценке эффективной проницаемости образцов керна путём проведения моделирования на его цифровых (воксельных) моделях.

Проницаемость можно оценивать в приближении закона Дарси - в этом случае задача фильтрации с точки зрения математической модели ничем не отличается от задачи теплопроводности или диффузии для обычных твёрдых тел, в иных ситуациях нужно оценивать проницаемость на масштабе пор - здесь приходится уходить от моделирования твёрдого тела и проводить моделирование течения вязкой жидкости по скелету горной породы.

В работе оценка эффективных свойств производится путём численного решения уравнения Навье-Стокса на представительном объёме керна. Уравнение решается методом конечных разностей на регулярной декартовой сетке в сочетании с методом установления с явной схемой по времени. Такая методика позволяет проводить расчёты моделях керна больших размеров с минимальными затратами оперативной памяти. Кроме того, расчёт несложно и очень эффективно распараллеливается. В работе реализовано распараллеливание вычислительного процесса при помощи технологии CUDA с целью проведения расчётов на графических процессорах.

В докладе приведены результаты расчётов эффективных свойств. Осуществляется выбор представительного объёма, проводится анализ эффективных свойств в зависимости от выбранного для расчёта фрагмента. Полученные результаты сравниваются с эффективными коэффициентами проницаемости, вычисленными с помощью промышленного ПО GeoDict и открытого программного обеспечения OpenFOAM.