

**К вопросу о численной оценке эффективной проницаемости горных пород 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*

Керн представляет собой образец горной породы, извлеченный из скважины с помощью бурения. Эффективные механические свойства кернов изучаются для прогнозирования поведения горной породы в процессе разработки месторождения полезных ископаемых. Для оценки механических характеристик кернов существуют методики их натуральных испытаний. Такие методики реализуются в ходе лабораторных экспериментов, которые требуют дорогостоящего оборудования и зачастую предполагают разрушение керна в ходе исследований.

Альтернативой является численная оценка эффективных свойств горной породы. Существует метод компьютерной томографии, позволяющий исследовать внутреннюю структуру керна. Результатом томографии является цифровая модель керна, состоящая из вокселей, каждый из которых содержит информацию о минерале, располагающемся в соответствующей части керна.

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 Нефтегазовая промышленности. Высокая проницаемость позволяет нефти и газу легче двигаться к скважинам, что увеличивает эффективность добычи. 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.

**Источники и литература**

- 1) 1) Вершинин А.В., Улькин Д.А., Яковлев М.Я. Вариант численной оценки эффективных механических характеристик керна с помощью САЕ-системы FIDESYS // В сб. "XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики", Казань, 2015. – С. 744–746.