

Численная оценка эффективных механических свойств керн с использованием неструктурированных тетраэдральных сеток

Быстров Иван Дмитриевич

Студент (специалист)

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

E-mail: ibistrov90@icloud.com

В работе решается задача численной оценки эффективных механических свойства керн [1] - образца горной породы, полученного из глубины земли при помощи специального вида бурения. Оценка эффективных свойств керн [2] проводится численно, с помощью программного модуля Fidesys Composite отечественного прочностного программного пакета «Фидесис». Моделирование керн в САЕ Fidesys проводится с помощью библиотеки алгоритмов вычислительной геометрии CGAL (с++), которая позволяет, основываясь на данных компьютерной томографии [3], преобразованных в *.inp файл с помощью специально разработанного скрипта, построить неструктурированную тетраэдральную сетку (с заданными значениями основных сеточных параметров).

Данные о сетке и приложенном давлении записываются в файл формата mesh, который затем преобразуется в файл формата *.inp, что позволяет провести расчет эффективных свойств с помощью программного модуля Fidesys Composite. Задача определения эффективных свойств решается численно, путем расчета на представительном объеме.

В ходе исследования строились тетраэдральные разной степени грубости для фрагментов однородного (материал - песчаник) и неоднородного керн размерами (кальцит, пирит, разуплотненная горная порода) размерами 100x100x100 вокселей, 200x200x200 вокселей. Выявлена сеточная сходимость - решение на тетраэдральных сетках сравнивалось с решением на структурированной гексаэдральной сетке для соотв. фрагмента. При этом, начиная с 200000 элементов и 25000 узлов, отклонение не превышало 3.5%.

Таким образом, применение тетраэдральных сеток позволило получить решение с высокой степенью точностью, в несколько раз сократив затраты вычислительных ресурсов и времени (за счет сокращения числа элементов и узлов). В дальнейшем планируется провести серию расчетов для полноразмерных кернов, и сравнить полученное решение с результатами, полученными путем натуральных экспериментов.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №19-71-10008).

Источники и литература

- 1) Вершинин А.В., Улькин Д.А., Яковлев М.Я. Вариант численной оценки эффективных механических характеристик керн с помощью САЕ-системы FIDESYS // В сб. "XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики", Казань, 2015. – С. 744–746.
- 2) Яковлев М.Я., Вдовиченко И.И., Улькин Д.А., Вершинин А.В., Сбойчаков А.М. Об оценке эффективных механических и теплофизических характеристик полноразмерных образцов керн // Материалы научно-практической конференции «Суперкомпьютерные технологии в нефтегазовой отрасли. Математические методы, программное и аппаратное обеспечение», 16-17 февраля 2017 года, МГУ имени М.В. Ломоносова. – С. 180–185.

- 3) Maxim Yakovlev, Anatoly Vershinin, Vladimir Levin, Konstantin Zingerman, Dmitry Konovalov. Application of Finite and Spectral Element Methods for Rock Modeling at Different Scales // Proceedings of the International SPDM Conference NAFEMS World Congress, Quebec City, Canada, 2019. – Article ID: NWC19-185.