

Применение метода Sculpt с целью снижения размерностей задач расчёта эффективных свойств воксельных моделей при помощи CAE Fidesys

Научный руководитель – Яковлев Максим Яковлевич

Жмуровский Амир Андреевич

Студент (специалист)

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

E-mail: amir.zhmurovskii@math.msu.ru

Доклад посвящён численной оценке эффективных механических характеристик гетерогенных материалов, сведения о внутренней структуре которых получены с помощью компьютерной томографии в виде воксельных моделей. Примером такого материала может являться керн[1] - образец горной породы, добытый из глубины земли при помощи специального вида бурения, для которого получена цифровая модель внутренней структуры с помощью томографии[3]. Эффективные свойства таких материалов могут оцениваться путём расчёта на представительном объёме[2], которые реализован в программном модуле Fidesys Composite отечественного прочностного программного пакета «Фидесис». При этом есть техническая проблема, заключающаяся в большом объёме данных моделей (до миллиарда вокселей и выше) - что влечёт за собой большой расход оперативной памяти при конечноэлементном расчёте. В работе представлены результаты применения метода Sculpt для снижения размерностей таких задач, т.е. для разгрубления сетки без потери точности решения. Sculpt - это отдельное параллельное приложение, предназначенное для создания гексаэдральных сеток на сложных геометрических объектах. CAE Fidesys предоставляет интерфейсную командную строку и графический интерфейс для приложения Sculpt. Метод создания гексаэдральной сетки, используемый Sculpt, часто упоминается в литературе как метод mesh-first. Это значительно отличается от алгоритмов, используемых методах geometry-first, которые начинаются с геометрии, с тщательным подбором группы конечных элементов для соответствия заданной топологии. Напротив, метод Sculpt начинается с базовой декартовой сетки, охватывающей геометрию, которая используется в качестве основы для сетки. Геометрические элементы вырезаны или вылеплены из декартовой сетки, а границы сглажены, чтобы создать окончательную гексаэдральную сетку. Очевидное преимущество метода Sculpt (mesh-first) по сравнению с методами (geometry-first) заключается в том, что входными данными для Sculpt может быть любая геометрия, независимо от характеристик и сложности. В ходе исследования строились гексаэдральные разной степени грубости для фрагментов однородного (материал - песчаник) керна размерами размерами 100x100x100 вокселей, 200x200x200 вокселей. Выявлена сеточная сходимость - решение на гексаэдральных сетках, созданных с помощью Sculpt, сравнивалось с решением на структурированной гексаэдральной сетке для соотв. фрагмента. При этом, начиная с 25000 узлов, отклонение не превышало 5%. Таким образом, применение гексаэдральных сеток, созданных с помощью Sculpt, позволило получить решение с высокой степенью точностью, в несколько раз сократив затраты вычислительных ресурсов и времени (за счет сокращения числа 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 керна с помощью CAE-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 керна // 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.