ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/30

**СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ РАЗРЯЖЕННЫХ СЛАУ НА
РАЗЛИЧНЫХ GPGPU И CPU, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РЕШЕНИИ НЕЛИНЕЙНЫХ
КРАЕВЫХ ЗАДАЧ УПРУГОПЛАСТИЧНОСТИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ**

Янц А.Ю.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

В настоящее время необходимость решения краевых задач является неотъемлемой частью любых прикладных исследований в механике деформируемого твердого тела. Одним из наиболее распространенных подходов к решению краевых задач является метод конечных элементов. Данный метод реализован в таких пакетах программ как ABAQUS, ANSYS и др. На кафедре ММСП ПНИПУ в настоящее время разрабатывается собственный пакет для решения краевых задач методом МКЭ. Постановка задачи является скоростной, что, в частности, упрощает реализацию контактных условий, общая постановка таких задач изложена в [1]. Данный пакет ориентирован на использование широкого класса моделей материала для вычисления матриц жесткости, в т.ч. моделей физических теорий пластичности [2].

Известно, что основными вычислительными затратами при реализации МКЭ являются: вычисление матриц жесткости в точках интегрирования, построение глобальной СЛАУ и её решение. При этом наибольшие затраты требуются для решения СЛАУ (порядка 90%), которая является сильно разреженной (табл. 1). В настоящее время всё большую популярность обретают вычисления с помощью графических ускорителей (GPGPU), которые во многих задачах показывают большую вычислительную эффективность по сравнению с CPU. С целью оценки эффективности применительно к разработанному пакету МКЭ было определено время решения СЛАУ на CPU (библиотека Intel MKL PARDISO, AMD Ryzen 1800x@3830MHz/8 threads) и двух различных GPGPU: NVIDIA GeForce 1050Ti@1930MHz, 768 CUDA cores и NVIDIA Titan V@1400MHz в двойной точности. Относительная ошибка решения в обоих случаях не превышала 10^{-14} . Для решения СЛАУ на GPGPU была использована библиотека CUSPARSE, на основе которой был реализован предобусловленный стабилизированный метод бисопряженных градиентов (Preconditioned BiCGSTAB). Стоит отметить, что данный метод требует выполнения LU-разложения матрицы (операция предобуславливания), при этом эту операцию можно совершить один раз в начале процесса расчета и использовать на каждом шаге решения. Однако это возможно только при сохранении конечно элементной сетки в смысле связности узлов между собой, при перестроении сетки, например, при её вырождении, операцию разложения необходимо проводить снова.

Для оценки эффективности была использована одна краевая задача (цилиндр, кинематическое сжатие вдоль образующей) с различной дискретизацией (табл. 1) симплекс элементами. Анализ численных экспериментов показывает, что на малых размерностях СЛАУ (до 95 тыс. уравнений) решение СЛАУ на CPU происходит быстрее. Однако с дальнейшим увеличением размерности СЛАУ время вычислений на GPGPU 1050Ti уменьшается, а для GPGPU Titan V данный порог находится около 40 тыс. Для размерности СЛАУ 282 тыс. решение на GPGPU 1050Ti происходит в 2.31 раза, а на GPGPU Titan V в 12.46 раза быстрее чем на CPU. Общий характер зависимости показывает линейное увеличение времени решения СЛАУ на GPGPU с ростом размерности СЛАУ, в то время как для CPU рост нелинейный.

В настоящее время производятся численные эксперименты с целью сравнения и определения вычислительных возможностей в задаче решения разреженных СЛАУ размерностей от 1 млн. уравнений, возникающих в задачах упругопластичности. В качестве испытательного стенда используется вычислительный модуль: 2 x Intel Xeon E5-2680 v4 (14 cores, 2.4GHz), 2 x NVIDIA Titan V (12Gb HBM2, 5120 CUDA cores, 1.4GHz), 128Gb DDR4 2133Mhz.

Секция 1. Основные принципы и методология физической мезомеханики материалов с иерархической структурой

Рис. 1. Зависимости времени решения СЛАУ на CPU и двух GPGPU от размерности СЛАУ

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 17-19-01292.

Литература

1. Поздеев А.А., Трусов П.В., Няшин Ю.И. Большие упругопластические деформации: теория, алгоритмы, приложения. – М.: Наука, 1986. 232 с.
2. Янц А.Ю., Теплякова Л.А. Моделирование нагружения монокристаллических образцов // Известия высших учебных заведений. Физика, 2015, Т. 58. № 3.