

## Секция «Математика и механика»

### Использование технологии CUDA для параллельного численного расчета задач механики сплошной среды

*Меркулов Кирилл Дмитриевич*

*Аспирант*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*Механико-математический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: parovoz1991@yandex.ru*

Среди подходов к численному моделированию сплошных сред наиболее распространены лагранжевы и эйлеровы. В первых расчет изменения параметров среды происходит в каждой конкретной ячейке, что упрощает постановку граничных условий и позволяет отслеживать положение поверхности материала. Однако при больших деформациях может происходить значительное искажение расчетной сетки, что приводит к потере точности результатов. Эйлеров подход, в котором изменение параметров рассматривается в неподвижной точке пространства, решает эту проблему, но порождает трудности с отслеживанием граничных ячеек.

Современные задачи предполагают работу с подробными сетками, для повышения производительности встает вопрос о распараллеливании. Мною адаптирован для параллельного счета и реализован на CUDA одномерный алгоритм, основанный на разделении по физическим процессам с использованием метода Годунова на подвижных эйлеровых сетках [Меньшов, 2013]. Суть метода такова: систему определяющих дифференциальных уравнений (уравнений неразрывности, движения, энергии и материальных соотношений модели Прандтля-Рейса) расщепляют на две подсистемы и считают в два этапа, условно называемые «гидродинамическим» (эйлеровым) и «упругопластическим» (лагранжевым). В качестве опций доступны выбор уравнения состояния; задание подвижных и неравномерных сеток; возможность расчета задач с цилиндрической и сферической симметрией. Исходя из особенностей вычислений на графических процессорах, все базовые функции предложенного метода (вычисление производных вектора состояния, расчет потоков, решение системы ОДУ «упругопластического» этапа) переписаны для независимого счета на отдельных ячейках. Во избежание конфликтов «чтение-запись», где нужно, применяется «шахматная» раскраска сетки.

Программа апробирована на задачах газовой динамики и следующих упругопластических: удар пластины по жесткой стенке, растяжение пластины, сжатие цилиндрической оболочки. Результаты с высокой численной точностью совпали с решениями аналогичных задач последовательным вычислительным комплексом «ТИС-1D» и аналитическими решениями. В результате получены существенные ускорения и параметры масштабируемости для каждой из расчетных задач. Уменьшение времени одномерного расчета особенно актуально при необходимости проведения серии расчетов (например, для калибровки моделей разрушения повреждаемой вязкоупругопластической среды или для проверки новых численных методов).

### Литература

1. Меньшов И.С., Мищенко А.В., Серёжкин А.А. Численное моделирование упругопластических течений методом Годунова на подвижных эйлеровых сетках // Математическое моделирование. – 2013. – Т. 25 – №8. – с. 89-108.