

Использование графических сопроцессоров для моделирования задач газовой динамики горения

Стамов Любен Иванович

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра волновой и газовой динамики, Москва,
Россия

E-mail: lyubens@gmail.com

Исследование процессов горения и детонации горючих смесей является чрезвычайно интересным и важным для современного мира, так как позволяет разрабатывать и создавать новые более экономичные и надежные устройства, такие как двигатели различных типов, системы транспортировки газовых смесей, системы защиты от взрывов и др. При этом важным этапом таких исследований является разработка алгоритмов, позволяющих проводить компьютерное моделирование задач такого типа и учитывающих их высокую сложность. В работе рассматривается задача нестационарного процесса горения в газовой смеси в трехмерной постановке для изучения переходных процессов горения и детонации и разработки новых эффективных алгоритмов для многопроцессорных гибридных вычислительных систем, содержащих графические сопроцессоры. В качестве модели используется система уравнений типа Навье-Стокса для многокомпонентной газовой смеси [1]. Решение осуществляется методом расщепления по физическим процессам. В качестве метода решения газодинамической части используется схема типа CTVD (Centered Total Variation Diminishing, центрированная с уменьшением полной вариации), основанная на схеме, предложенной в работе Г.-С. Джанга и И. Тедмора [2]. В модели используется элементарный кинетический механизм горения водородно-воздушной смеси Мааса и Варнаца [3], состоящий из девятнадцати обратимых реакций с девятью компонентами. Решение системы уравнений химической кинетики осуществляется четырех стадийным методом типа Розенброка [4], который позволяет с достаточной точностью и скоростью решать рассматриваемую жесткую систему.

Реализованные алгоритмы проверяются с помощью ряда многомерных тестовых задач, как с учетом уравнений химической кинетики, так и без их учета. Рассматриваются различные варианты инициирования волны детонации в водородно-воздушных смесях с различными концентрациями горючего и окислителя. Для работы на гибридных системах используются технология OpenMP [5] для систем с общей памятью и технология CUDA [6,7] для работы с графическими сопроцессорами. Рассматриваются различные размеры расчетной сетки, различные размеры вычислительных блоков. В дальнейшем планируется усовершенствовать рассматриваемый параллельный алгоритм и добавить возможность совместного использования технологий MPI и CUDA для работы с графическими процессорами на системах с распределенной памятью, создать удобный пользовательский интерфейс.

Источники и литература

- 1) N.N. Smirnov, V.F. Nikitin, Yu.G. Phylippov. Deflagration to detonation transition in gases in tubes with cavities. Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 83, 6 (2010), pp. 1287-1316.
- 2) G.-S. Jiang, E. Tadmor. Nonoscillatory central schemes for multidimensional hyperbolic conservation laws, SIAM J. SCI. COMPUT., 19 (1998), pp. 1892-1917.
- 3) U. Maas, J. Warnatz, Ignition Processes in Hydrogen-Oxygen Mixtures. Combustion and Flame, 74, 1 (1988), pp. 53-69.

- 4) Э. Хайрер, Г. Ваннер. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально-алгебраические задачи. Пер. с англ. - М.: Мир, 1999.
- 5) OpenMP Application Program Interface, Version 4.0, July 2013. URL: <http://openmp.org>.
- 6) CUDA Toolkit Documentation (2014), URL <http://docs.nvidia.com/cuda>.
- 7) Б.П. Рыбакин. Параллельное программирование для графических ускорителей. Москва, НИИСИ РАН, 2011 г., 261 стр.