

Секция «Математика и механика»

Моделирование задач газовой динамики с учетом уравнений химической кинетики на гибридных системах

Стамов Любен Иванович

НИИСИ РАН, , Москва, Россия

E-mail: lyubens@gmail.com

Процессы горения и детонации в горючих смесях представляют большой интерес в связи с практической значимостью данных явлений при проектировании новых двигателей различного типа, при моделировании и исследовании взрывов, при использовании процессов управляемого горения и др.

В данной работе рассматривается задача нестационарного процесса горения в химически реагирующей многокомпонентной газовой фазе для изучения переходных процессов горения и детонации и разработки новых эффективных алгоритмов для многопроцессорных гибридных вычислительных систем, содержащих графические процессоры. 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), предложенная в работе Г.-С. Джанга и И. Тедмора [2]. В работе 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 четырехстадийным методом типа Розенброка [4].

Разработанные алгоритмы проверяются с помощью ряда тестовых задач, как с уравнениями химической кинетики, так и без их учета. Для работы на гибридных системах используются технология OpenMP [5] для систем с общей памятью и технология CUDA [6] для работы с графическими процессорами.

В дальнейшем планируется усовершенствовать рассматриваемый алгоритм счета для системы кинетических уравнений, добавить возможность использования технологии MPI для систем с распределенной памятью, рассмотреть другие кинетические механизмы и методы их решения, адаптированные для работы на гибридных системах.

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.