

Секция «Математика и механика»

Исследование задач газовой динамики горения с помощью современных технологий параллельного программирования

Стамов Любен Иванович

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

Механико-математический факультет, Москва, Россия

E-mail: lyubens@gmail.com

В настоящее время процессы горения и детонации в горючих смесях представляют большой интерес в связи с практической значимостью данных явлений в проектировании новых экономичных двигателей внутреннего сгорания, высокоэффективных реактивных двигателей, при использовании процессов управляемого горения, например, для повышения отдачи нефтяных пластов и в др. областях человеческой деятельности.

В данной работе рассматривается задача нестационарного процесса горения в химически реагирующей газовой фазе для изучения переходных процессов горения и детонации в областях со сложной пространственной геометрией. В качестве математической модели рассматриваемой задачи используется модель, рассмотренная в работах Н.Н. Смирнова и В.Ф. Никитина [1,2]. Решение данной модели 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 [3]. В работе используется кинетический механизм для водородно-воздушной смеси У. Мааса и Ю. Варнаца [4]. Решение системы уравнений химической кинетики осуществляется неявным методом, учитывающим ее высокую жесткость [1,2].

Работоспособность полученного алгоритма решения рассмотренной математической модели тестируется с помощью ряда тестовых задач, как с учетом химической кинетики, так и без. Построена параллельная реализация выбранной схемы и методов расчета с помощью технологии CUDA [5,6] для использования графических процессоров в проводимых исследованиях.

В дальнейшем планируется использовать более совершенный алгоритм расчета системы кинетических уравнений, адаптированный под современные графические сопроцессоры. Также планируется рассмотреть другие кинетические механизмы и использовать более сложные пространственные области для тестирования полученных алгоритмов. После тестирования планируется проведение систематических расчетов задач газовой динамики горения с различными составами химических смесей в сложных пространственных областях для изучения переходных процессов горения и детонации при построении перспективных детонационных двигателей.

Литература

1. Smirnov N.N., Nikitin V.F., Shurekhdeli S. Alyari. Investigation of Self-Sustaining Waves in Metastable Systems: Deflagration-to-Detonation Transition // Journal of Propulsion and Power. 25, 3. 2009. pp. 593-608.

2. Smirnov N.N., Nikitin V.F., Phylippov V.F. Deflagration to detonation transition in gases in tubes with cavities // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 83, 6. 2010. pp. 1287-1316.
3. Jiang G.-S., Tadmor E. Nonoscillatory central schemes for multidimensional hyperbolic conservation laws // SIAM J. SCI. COMPUT. 19. 1998. pp. 1892-1917.
4. Maas U., Warnatz J., Ignition Processes in Hydrogen-Oxygen Mixtures // Combustion and Flame. 74, 1. 1988. pp. 53-69.
5. CUDA Toolkit Documentation (2012): <http://docs.nvidia.com/cuda>.
6. Рыбакин Б.П. Параллельное программирование для графических ускорителей. Москва, НИИСИ РАН, 2011.

Слова благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 11-07-00679а и программы № 18 Президиума РАН.