

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ГИПЕРЗВУКОВОЙ АЭРОГАЗОДИНАМИКИ МЕТОДОМ RKDG

Ю.И. Димитриенко, М.Н. Коряков, **А.А. ЗАХАРОВ**

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, dimit@bmstu.ru*

Конечно-объемный метод RKDG [1] успешно применяется для решения уравнений дозвуковой и сверхзвуковой газовой динамики. В настоящей работе применение данного метода расширено для моделирования неравновесных процессов в гиперзвуковой аэрогазодинамике. Рассматривается система уравнений Навье-Стокса, дополненная уравнениями химической кинетики. Для ее интегрирования применяется метод расщепления по физическим процессам.

На первом этапе решается задача динамики идеального газа. На втором учитывается вязкость и теплопроводность газа, но не учитывается конвекция. Для нахождения численного потока при решении системы Эйлера используется метод HLLC [2], и для устранения нефизических осцилляций решения применяется TVD ограничитель [3]. Для поиска численных потоков при решении уравнений на втором этапе используются центральные потоки.

На третьем этапе решаются уравнения химической кинетики за 3 шага. Сначала учитывается приток массы  $i$ -ого элемента за счет химических превращений. Система решается итерационным явно-неявным методом [4]. Далее учитывается конвекция, а затем диффузия химических компонентов. Для интегрирования получающихся уравнений также применяется метод RKDG аналогично первому и второму этапам решения газодинамических уравнений с конвективными и диффузионными членами.

Представлены некоторые результаты численного моделирования обтекания сферического затупления набегающим гиперзвуковым потоком.

Работа поддержана грантом Президента РФ МК-3218.2013.8. Работа выполнена с использованием ресурсов суперкомпьютерного комплекса МГУ имени М.В. Ломоносова.

### *Список литературы:*

1. Cockburn B., Shu Chi-Wang Runge–Kutta Discontinuous Galerkin Methods for Convection-Dominated Problems. Journal of Scientific Computing, Vol. 16, № 3, 2001.
2. Eleuterio F. Toro Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics. Berlin: Springer, 2009.
3. Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семенов А.Ю. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений. М.: Физматлит, 2012.
4. Димитриенко Ю.И., Котенёв В.П., Захаров А.А. Метод ленточных адаптивных сеток для численного моделирования в газовой динамике. М.: Физматлит, 2011.