

В.А. Титарев

ФИЦ ИУ РАН, Россия, Москва, 119333, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2

Численное решение кинетического уравнения в задачах высотной аэродинамики

В последние 10 лет автором доклада разрабатываются методы решения трехмерного кинетического уравнения с интегралом столкновений Шахова [1] (S-модели) для решения пространственных задач [2-3]. Данные методы реализованы в пакете программ “Несветай”. Основными приложениям являются моделирование течений в вакуумных установках и высотная аэродинамика спускаемых аппаратов и спутников. Отличительными особенностями разрабатываемых численных методов состоят в поддержке использования блочно-структурированных и гибридных неструктурированных сеток и применении экономичной неявной схемы высокого порядка аппроксимации на таких сетках.

В настоящем докладе будет представлен обзор результатов автора, полученных за последние 3 года в области развития методов решения задач высотной аэродинамики: новые численные методы, программная реализация в рамках двухуровневой модели параллельных вычислений MPI + OpenMP, сравнения с методом прямого статистического моделирования и решением уравнения Больцмана. Будут приведены примеры расчетов внешнего гиперзвукового обтекания тел сложной пространственной формы с использованием до 256 узлов на системах RSK Petastream [6], установленных в Межведомственном суперкомпьютерном центре РАН и Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого.

Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ 18-08-00501.

Литература

1. Шахов Е.М. Об обобщении релаксационного кинетического уравнения Крука // Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. 1968. N. 5. С. 142--145.
2. Титарев. В.А. Неявный численный метод расчета пространственных течений разреженного газа на неструктурированных сетках // Ж. вычисл. математики и мат. физики. 2010 Т. 50. N 10. С. 1811-1826.
3. V.A. Titarev. Application of model kinetic equations to hypersonic rarefied gas flows // Computers and Fluids. 2018. V. 169. P. 62-70.
4. V.A. Titarev, A.A. Frolova, V.A. Rykov, P.V. Vashchenkov, A.A. Shevyrin, Ye.A. Bondar. Comparison of the Shakhov kinetic equation and DSMC method as applied to space vehicle aerothermodynamics // Journal of Computational and Applied Mathematics. 2020. V. 364. P. 1-12. DOI: 10.1016/j.cam.2019.112354.
5. A.A. Frolova, V.A. Titarev. Recent progress on supercomputer modelling of high-speed rarefied gas flows using kinetic equations // Supercomputing frontiers and innovations, 2018. V. 5, N. 3, P. 117-121. DOI: 10.14529/js_180322
6. Semin A., Druzhinin E., Mironov V., Shmelev A., Moskovsky A.. The performance characterization of the RSC PetaStream module // Lecture Notes in Computer Science. 2014. V. 8488. P. 420--429.