

# Комплекс программ Несветай-3Д: моделирование пространственных течений разреженного газа с использованием суперЭВМ

*В.А. Титарев<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *ФИЦ ИУ РАН, Россия, Москва, 119333, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2*

<sup>2</sup> *МФТИ, Россия, Долгопрудный, 141701, Институтский пер., 9*

*E-mail: titarev@ccas.ru, titarev.va@mipt.ru*

Создание численных методов решение кинетического уравнения Больцмана с точным или модельным интегралом столкновений является актуальной научной задачей. Детерминистическая природа уравнения позволяет создавать эффективные неявные методы высокого порядка аппроксимации по всем переменным, как для стационарных, так и для нестационарных течений. При этом большая размерность уравнения диктует необходимость развития методов решения задач на суперЭВМ.

Автором разрабатываются методы решения трехмерного кинетического уравнения с интегралом столкновений Е.М. Шахова (S-модели). Данные методы реализованы в пакете программ "Несветай-3Д". Отличительными особенностями методов являются поддержка использования блочно-структурированных и гибридных неструктурированных сеток, применение экономичной неявной схемы высокого порядка аппроксимации на таких сетках и двухуровневой MPI+OpenMP модели параллельных вычислений для использования на современных суперкомпьютерных системах.

В настоящем докладе с использованием пакета Несветай-3Д проведена количественная оценка точности моделирования гиперзвуковых течений разреженного газа на основе численного решения модельного кинетического. Верификация результатов проводится путем сравнения с результатами расчетов по методу прямого статистического моделирования. Показано, что при больших числах Маха набегающего потока (до 25) около тела возникают параметры течения, которые соответствуют условию применимости S-модели. Использование подробной сетки в физическом пространстве становится более необходимым, чем использование точного уравнения Больцмана.

В докладе приводятся примеры расчетов внешнего гиперзвукового обтекания тел сложной пространственной формы с использованием до 256 узлов на системах РСК "Петастрим" и РСК "Торнадо", установленных в Межведомственном суперкомпьютерном центре РАН и Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого.