

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Титарева Владимир Александровича "Численное моделирование пространственных течений разреженного газа с использованием суперЭВМ",

представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ"

Представленная диссертация посвящена разработке передовых численных методов и комплексов параллельных программ для численного решения кинетического уравнения Больцмана с приближенными (модельными) интегралами столкновений Е.М. Шахова и БГК (Бхатнагара, Гросса и Крука) и их применению к задачам численного моделирования пространственных течений одноатомного разреженного газа. Необходимость численного моделирования сложных трехмерных течений разреженного газа возникает во многих приложениях (процессы в микроэлектромеханических устройствах, аэродинамика и теплообмен космических аппаратов, движущихся в верхних слоях атмосферы). Это определяет несомненную актуальность работы.

В работе предложен неявный квазимонотонный численный метод второго порядка аппроксимации, позволяющий строить численное решение кинетического уравнения на произвольных неструктурированных сетках, как в физическом, так и в скоростном пространстве. Параллельная реализация метода основана на двухуровневой модели вычислений MPI+OpenMP и хорошо масштабируется при использовании до 256 узлов современных суперЭВМ. Использование неявной схемы и эффективной параллельной реализации позволяет достичь значительного ускорения счета по сравнению с общепринятыми явными схемами решения кинетических уравнений.

В работе представлено численное решение большого числа актуальных задач механики разреженного газа, относящихся как течениям в длинных микроканалах, так и задачам гиперзвукового обтекания тел потоком разреженного газа. Представлены верификационные расчеты, основанные на сравнении как с результатами численных исследований других авторов с использованием точного уравнения Больцмана и метода прямого статистического моделирования, так и с экспериментальными данными для течения газа через круглую трубу в вакуум. Значительная часть разработанных методов решения и подходов к параллельной реализации может быть обобщена на случай решения кинетического уравнения Больцмана с точным интегралом столкновений.

Диссертация является квалификационной научной работой, выполненной на высоком уровне. Полученные результаты опубликованы в ведущих российских (Известия РАН. Механика жидкости и газа; Журнал вычислительной математики и математической физики) и международных журналах (Journal of Computational Physics, Computers & Fluids, Communications in Computational Physics), доложены на представительных международных российских научных конференциях.

В качестве замечания следует отметить, в некоторых случаях особенно для сравнения результатов расчетов с аналогичными, но полученными методами стати-

стического моделирования, лучше было бы использовать кинетические модели, учитывающие вращательные и поступательные степени свободы. Тем более, что такие модели имеются.

Можно также отметить, что в диссертации отсутствуют результаты моделирования принципиально нестационарных явлений, что можно было бы сделать для оценки эффективности разработанных методов.

Сделанные замечания носят рекомендательный характер, поэтому считаю, что диссертация удовлетворяет требованиям пункта 9 "Положения о присуждении ученых степеней", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а Владимир Александрович Титарев заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ".

Бишаев Александр Михайлович,
профессор кафедры Высшей математики
Московского физико-технического института
доктор физико-математических наук
01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы
тел. +7 (495) 408-77-81, e-mail: bishaev@bk.ru

А. Бишаев / А. М. Бишаев

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)»

141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9.
<http://www.mipt.ru>

29 марта 2018 г.

Подпись Бишаева А.М. удостоверяю

ЗАВЕРЯЮ
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

МФТИ
Ю. И. Скальков

