

## НЕКЛАССИЧЕСКИЙ ПЕРЕНОС В РЕЛАКСАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЯХ МОЛЕКУЛЯРНОГО ГАЗА

**Аристов В.В., Забелок С.А., Фролова А.А.**

Вычислительный центр им.А.А. Дородницына РАН,  
Россия, 119333, Москва, ул. Вавилова, 40,  
тел.: +7(499)135-2087, факс: +7(499)135-6159, e-mail: [aristov@ccas.ru](mailto:aristov@ccas.ru)

Методами кинетической теории моделируются одномерные и двумерные сверхзвуковые течения газа с учетом внутренних степеней свободы в областях неоднородной релаксации. На границе области задается неравновесная функция распределения, вниз по потоку происходит релаксация (как по поступательным, так и внутренним степеням свободы) и постепенный выход на однородное течение. Исследуется неравновесная неоднородная по пространству зона, представляющая собой пример открытой системы. Важный вопрос при исследовании таких структур – подтверждение аномальных процессов переноса для реальных сред, например, для компонент воздуха. Данная проблема анализируется на основе метода разложения по малому параметру, однако основные результаты получены с помощью прямого численного решения кинетических уравнений (используется развитый авторами метод, реализованный в виде программного комплекса UFS – Unified Flow Solver). Подтверждена возможность течений с неклассическим характером переноса в неравновесной релаксационной зоне. Например, для одномерной задачи знак градиента продольной скорости совпадает со знаком соответствующей компоненты вязких неравновесных напряжений. Также знак градиента температуры совпадает со знаком теплового потока. Такие результаты не противоречат традиционным макроскопическим соотношениям теории Навье-Стокса, поскольку изучаются области порядка длины свободного пробега, а на таких масштабах метод Чепмена-Энскога неприменим. В рассматриваемой задаче неравновесное распределение на границе обуславливает выстраивание градиентов моментов вниз по потоку вплоть до выхода на равновесие. Показывается, как заданием граничной неравновесности можно регулировать прогревание (при положительном тепловом потоке) или охлаждение (при отрицательном тепловом потоке) релаксационной зоны. Обсуждаются условия экспериментальной проверки данных эффектов, а также возможность их приложений к современным микротехнологиям.