

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Лариной Елены Владимировны "Численное моделирование высокоскоростных турбулентных течений на основе двух и трехпараметрических моделей турбулентности", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – "Механика жидкости, газа и плазмы"

Диссертационная работа Лариной Е.В. направлена на разработку эффективного аппарата математического моделирования высокоскоростных турбулентных течений. Данное направление в последнее время вызывает большой интерес у исследователей. Высокоскоростные турбулентные потоки газа характерны как для внутренних (тракты двигательных установок) течений, так и для внешнего обтекания современных летательных аппаратов. Сложность моделирования в данном случае повышается в связи с необходимостью учитывать взаимодействие турбулентности с ударными волнами, волнами разрежения с диссипативными слоями в сжимаемых течениях и учитывать предысторию этого взаимодействия в пространственных областях со сложной геометрией. В работе рассмотрены основные подходы к моделированию турбулентности (LES, ILES, MILES, RANS, LES-RANS) и выбран RANS подход с параметрическими релаксационными моделями турбулентной вязкости. В диссертации используется модель с тремя параметрами, один из которых турбулентная вязкость, а два других это кинетическая энергия турбулентности и диссипативный параметр. При этом автором на базе двухпараметрических k - ϵ и k - ω моделей турбулентности предложены и построены собственные модификации трехпараметрических моделей, учитывающие эффекты сжимаемости и неравновесности. Это несомненно является новым и интересным научным результатом.

С помощью предложенных моделей турбулентности и разработанных автором двумерных и трехмерных алгоритмов решения уравнений Навье-Стокса на нерегулярных расчетных сетках, решены как тестовые задачи, так и задачи, имеющие практический интерес. В качестве тестовых задач в работе рассматриваются достаточно сложные и имеющие как фундаментальный, так и прикладной характер задачи, такие как: взаимодействие однородной

турбулентности с ударной волной, течение газа в недорасширенной сверхзвуковой струе, расчет отрывных течений в плоских и круглых соплах, гиперзвуковое течение в сжимающем угле. Во всех случаях, кроме первого, численное решение сравнивается с экспериментальными данными, в первом случае в качестве эталонного рассматривается результат прямого численного моделирования. Характерной особенностью всех этих задач является существенно нелинейное поведение решения, при этом достаточно хорошее совпадение численных и экспериментальных результатов делает проведенное подробное тестирование надежным средством подтверждающим достоверность результатов исследований приведенных в диссертации.

В качестве сложных практических задач рассмотрено течение внутри воздухозаборника и нестационарное трансзвуковое течение в прямоугольной каверне с плоским люком и цилиндрической надстройкой над каверной. Актуальность и практическая значимость полученных результатов не вызывает сомнений.

Основные результаты диссертации опубликованы в рекомендованных ВАК изданиях и неоднократно докладывались на международных и всероссийских научных конференциях.

По материалу, представленному в автореферате, можно сделать следующие замечания:

- А. Во второй главе при описании LES моделирования (рис.4) недорасширенной сверхзвуковой струи не приводятся никакие важные параметры расчета. Не указана как реализована подсеточная модель турбулентности и каков размер расчетной сетки.
- Б. Следует более четко сформулировать рекомендации по применению предложенных моделей турбулентности к моделированию отдельных классов газодинамических течений (струи, сопла, пристеночные течения, диапазоны чисел Маха).

Высказанные замечания не снижают высокую оценку диссертационной работы, которая является цельным научным исследованием, выполненным на актуальную тему. Как по характеру, так и по значимости полученных результатов представленная работа удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.02.05 "Механика жидкости, газа и

плазмы", а ее автор, Ларина Е.В., заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Московский Государственный Университет
имени М.В.Ломоносова, 119991, ГСП-1, Москва,
Ленинские горы, д.1, стр.2, физический факультет.
mail: dean@phys.msu.su , тел: +7 (495) 939-16-82.

Профессор кафедры молекулярной физики
Физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова,
д.ф.-м.н.
mail: znamen@physics.msu.ru , тел: +7 (495) 939 44 28.



И.А.Знаменская

Подпись Знаменской Ирины Александровны заверяю:

Ученый секретарь Ученого Совета
физического факультета МГУ



В.А.Каравеев