

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Брыкиной Ирины Григорьевны «Методы расчета теплопередачи и трения при пространственном гиперзвуковом ламинарном обтекании тел во всем диапазоне чисел Рейнольдса», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук

Диссертация И.Г. Брыкиной посвящена определению аэродинамических сил и тепловых потоков, действующих на космические аппараты во время их спуска в атмосфере Земли. Очевидна как важная практическая значимость и актуальность данной научной проблемы, так и чрезвычайные трудности, связанные с ее решением. Даже то, что автор ограничивается ламинарными режимами обтекания, реализующимися на достаточно большой высоте, ненамного облегчает задачу. В общем случае вычисление сил и потоков требует решения полных трехмерных уравнений Навье-Стокса (если режим обтекания континуальный) или уравнения Больцмана для функции распределения молекул по скоростям (в переходном и свободномолекулярном режимах). При этом, в силу больших скоростей движения спускаемых аппаратов, необходимо учитывать эффекты реального газа, тепловое и химическое неравновесие, каталитичность поверхности и пр. Очевидно, что подобные расчеты требуют очень больших компьютерных ресурсов. Поэтому в диссертации избран другой путь – разработка эффективных приближенных моделей и метод решения, позволяющих быстро и с разумной точностью определить искомые поверхностные характеристики.

Используемые автором подходы основаны, главным образом, на моделях пограничного слоя (Часть I) и вязкого ударного слоя (Часть II). В рамках этих моделей вводится большое число различных приближенных методик. Во многих случаях, разработанные методики позволяют получить простые аналитические выражения для тепловых потоков и коэффициентов трения. Широко используется моделирование сложных течений специально подобранными более простыми. Так, в Части III предложен метод подобия трехмерных и осесимметричных течений, позволяющий, во многих случаях, свести определение характеристик трехмерного течения к расчету некоторого осесимметричного аналога. Особый интерес представляет Часть IV, в которой рассматривается наиболее сложная задача определения характеристик обтекания в переходном режиме, возникающем на высотах свыше 100 км. Чтобы избежать использования чрезвычайно дорогих в вычислительном плане подходов, основанных на молекулярно-кинетической теории, таких как прямое статистическое моделирование (метод Монте-Карло), в диссертации исследуется возможность применения континуального

подхода в форме макроскопических уравнений, выведенных путем асимптотического анализа уравнения Больцмана и включающих нелинейную зависимость тензора напряжений и вектора теплового потока от градиентов поля скоростей. Показано, что построенные подобным образом континуальные решения в ряде случаев хорошо согласуются с кинетическими расчетами.

Диссертация базируется на большом количестве статей, опубликованных автором в научных журналах и материалах конференций (34 публикации только в журналах, входящих в перечень ВАК) в течение достаточно длительного промежутка времени. В связи с этим не возникает никаких вопросов о надлежащей апробации диссертационной работы. Все предлагаемые в диссертации приближенные методики детально верифицированы путем сравнения с результатами, полученными с помощью других подходов и с экспериментальными данными.

Представленные в диссертации результаты образуют единый комплекс исследований, вносящий значительный вклад в методы расчета гиперзвуковых течений. Судя по автореферату, диссертационная работа И.Г. Брыкиной представляет собой законченное научное исследование на практически важную, актуальную для высотной аэротермодинамики и космонавтики тему. Считаю, что она полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, и ее автор, И.Г. Брыкина, заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Главный научный сотрудник
Института теоретической и прикладной механики
им. С.А.Христиановича СО РАН
(630090, г. Новосибирск, ул. Институтская 4/1,
тел. 8-383-330-42-68, web-сайт <http://www.itam.nsc.ru>)
доктор технических наук, профессор
(тел. 8-383-330-07-78, E-mail: khar@itam.nsc.ru)

Анатолий Михайлович Харитонов



« 15 » февраля 2014 г.

