

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника МАИ

Гидаспова Владимира Юрьевича

на диссертацию Сильвестрова Павла Валерьевича

«Определение аэродинамических характеристик перспективных летательных аппаратов с использованием комплекса авторских компьютерных кодов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»

Диссертационная работа Сильвестрова П.В. посвящена исследованию аэродинамики высокоскоростных летательных аппаратов, обтекаемых потоком вязкого совершенного газа.

Актуальность темы

В диссертации Сильвестрова П.В. представлены результаты расчетно-теоретического исследования, представляющие интерес при разработке новых типов высокоскоростных летательных аппаратов. К ним относятся разработанные диссертантом вычислительные алгоритмы и компьютерный код, позволяющие моделировать процессы обтекания объектов сложной геометрической формы в широком диапазоне скоростей полета и углов атаки, а также систематизированная база расчетных данных, управление которой осуществляется с использованием графической оболочки, объединяющей вычислительную и информационную часть комплекса авторских компьютерных программ.

Краткий анализ содержания работы

Настоящая диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 225 наименований, а также двух приложений.

Введение содержит информацию об актуальности диссертации, целях работы, ее научной новизне и основных задачах исследования. Также приведено описание структуры диссертации.

В **первой главе** представлено описание физико-математических моделей, используемых при расчете обтекания высокоскоростных летательных аппаратов (ЛА), а также изложены теоретические аспекты газовой динамики в рамках модели совершенного вязкого сжимаемого газа.

Вторая глава посвящена сравнению результатов расчета пространственного обтекания бесконечного клина, гиперзвуковых летательных аппаратов X-43 и X-51 с использованием трёх компьютерных кодов, реализованных различными авторами.

В **третьей главе** проведен расчетный анализ данных наземных испытаний летательного аппарата из эксперимента HIFIRE-1. В этой главе также приведено сравнение теоретического и расчетного значения угла косого скачка уплотнения в газе для конуса, соответствующего носовой части летательного аппарата.

Четвертая глава посвящена созданию банка расчетных данных пространственного обтекания летательных аппаратов X-34, X-43 и X-51 с использованием неструктурированных тетраэдральных сеток без разрешения пограничного слоя.

В **пятой главе** создана информационно-расчетная система как комплекс компьютерных программ, предназначенных для моделирования аэродинамики гиперзвуковых летательных аппаратов и их силовых установок.

В **заключении** кратко сформулированы основные выводы по диссертационной работе.

Приложения содержат результаты моделирования аэродинамики гиперзвуковых летательных аппаратов X-43 и X-51 на режимах полета, приведенных в главе 4.

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов, полученных в рамках диссертационного исследования, подтверждается использованием апробированных физико-математических моделей, сравнением с расчетными данными других авторов и результатами наземных и летных экспериментов.

Оценка научной новизны и практической значимости

Диссертационная работа содержит ряд новых результатов:

1. Приближенный метод расчета распада произвольного разрыва на границах ячеек AUSM PW был реализован в авторском компьютерном коде, основанном на методе расщепления по физическим процессам. Данный подход

позволяет обеспечить более быструю сходимость численного решения, а также существенное уменьшение времени расчетов.

2. Разработанный автором программный код позволяет проводить на неструктурированных сетках без разрешения пограничного слоя полномасштабное моделирование обтекания высокоскоростных летательных аппаратов, обеспечивает получение аэродинамических коэффициентов, полей газодинамических параметров и тепловых потоков вдоль поверхности ЛА в широком диапазоне чисел Маха и угла атаки.

3. Сформирована база расчетных данных для широкого класса высокоскоростных летательных аппаратов.

4. Созданы авторский отечественный комплекс компьютерных кодов и система информационной поддержки, предназначенные для расчетного сопровождения разработок перспективных высокоскоростных летательных аппаратов.

Замечания по диссертационной работе

1. В первой главе диссертации подробно описана модель многомерного течения вязкого теплопроводного многокомпонентного газа с учетом протекания химических превращений, колебательной релаксации, ионизации и радиационных процессов, однако все приведенные в последующих главах расчеты выполнены для однокомпонентного совершенного газа; анализ погрешностей, возникающих при этом допущении, отсутствует.

2. При моделировании обтекания ЛА Х-43, как следует из рис. 4.3.3-4.3.4 и 4.3.7-4.3.8, температура на поверхности и в плоскости симметрии ЛА лежит в диапазоне от 100 до 600 К, тем не менее на распределениях температуры вдоль поверхности в плоскости симметрии ЛА (рис. 4.3.9-4.3.10) имеются зоны, в которых температура превышает 1000 К.

3. В работе имеется незначительное количество опечаток и стилистических неточностей (например, стр. 48, 52, 56, 65, 158, 165).

Сделанные замечания не умаляют научное значение представленной диссертационной работы и не оказывают влияние на общую положительную оценку.

Заключение

В рамках подготовки диссертации автор продемонстрировал достаточную квалификацию, позволяющую проводить численное моделирование аэротермодинамики высокоскоростных летательных аппаратов. Разработанный в рамках проведенного исследования компьютерный код может быть использован для решения широкого круга прикладных задач газовой динамики. Значительную ценность также представляет созданный диссертантом комплекс авторских компьютерных кодов. Работа прошла достаточную апробацию: результаты докладывались на российских и международных научных конференциях и опубликованы в статьях в изданиях из списка ВАК и Scopus.

Автореферат диссертации в полной мере отражает ее содержание.


Считаю, что данная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Сильвестров Павел Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы».

Официальный оппонент,

Ведущий научный сотрудник кафедры

«Вычислительная математика и программирование»

д.ф.-м.н., с.н.с.


9.04.2021

Гидаспов В.Ю.

125993, Москва, Волоколамское шоссе, д.4

ФГБОУ ВО Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

e-mail: gidasov@mai.ru, тел. 8 916 141-93-11

Подпись Гидаспова В.Ю. заверяю.

Директор дирекции института «Информационные технологии и прикладная математика»



Крылов С.С.