

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу**

**Корюкова Ивана Александровича**

**«Численное моделирование ударно-волновых взаимодействий  
в высокоскоростных потоках газа», представленную на соискание  
ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы**

**Целью диссертационной работы** является численное исследование аэротермодинамики высокоскоростных летательных аппаратов (ВЛА) и решение задач сопряженного теплообмена с использованием разработанных соискателем компьютерных кодов.

**Актуальность.** В рамках диссертационной работы рассматриваются актуальные вопросы развития компьютерных кодов, предназначенных для моделирования высокоскоростных течений газа. Значительные трудности, с которыми сопряжена постановка летных и стендовых аэротермодинамических экспериментов для современных ВЛА, обуславливают значимость роли эффективного инструмента численного моделирования обтекания летательного аппарата высокоскоростным газовым потоком, расчету его аэродинамических характеристик, определению распределения температуры в его ключевых элементах.

**Научная новизна.** Численное моделирование аэротермодинамики экспериментального ВЛА HIFiRE-1 выполнено в новой математической постановке, включающей решение уравнения теплопроводности с целью определения теплового состояния реалистичных элементов конструкции данного ВЛА.

**Теоретическая и практическая значимость.** Ключевой задачей в данной диссертационной работе являлась оценка газодинамических параметров обтекания и теплового состояния ВЛА и его ключевых элементов,

что является важнейшей проблемой, определяющей развитие современных и перспективных ВЛА.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** В данной диссертационной работе представлены результаты верификации и валидации разработанных компьютерных кодов. Достигнутое хорошее соответствие со известными и расчетными, и экспериментальными данными, что подтверждает **обоснованность и достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

**Личное участие соискателя в получении результатов, представленных в диссертации,** заключалось в развитии компьютерного кода, предназначенного для проведения расчетов на неструктурированных тетраэдральных сетках, путем совершенствования методики приближенного решения задачи Римана за счет применения AUSM $\pm$ up2 схемы. Диссертант также самостоятельно разработал компьютерный код, ориентированный на определение температурного состояния ВЛА на основе нестационарного уравнения теплопроводности. С применением указанных компьютерных программ диссертантом были выполнены расчеты обтекания как геометрических примитивов, так и модели экспериментального ВЛА.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации.** Результаты диссертации представляют интерес для сотрудников научно-исследовательских институтов и отраслевых организаций, профессиональная специфика которых сопряжена с проведением исследований по аэродинамике и теплообмену высокоскоростных летательных аппаратов.

**Соответствие паспорту специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.** Диссертация Корюкова И.А. полностью соответствует паспорту специальности 1.1.9., как по формуле специальности, так и по областям исследования.

**Оценка основного содержания диссертации, формы и качества изложения материала.** Диссертация включает 146 страниц, 5 таблиц, 102 рисунка и 217 литературных источников. Ее структура содержит введение, 4 тематических главы, заключение и список литературы. Оформление диссертационной работы отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат кратко и корректно отражает структуру диссертационной работы, раскрывает ее основное содержание.

**Во введении** кратко изложена структура диссертации, отражены предыстория и текущее состояние рассматриваемой тематики, обоснована актуальность работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** содержит обзор отечественного и зарубежного опыта исследований в области высокоскоростной аэротермодинамики. Отмечен вклад в тематику ведущих отечественных научных школ. Изложены результаты систематических научных исследований за рубежом в рамках крупных международных программ.

**Во второй главе** изложена газодинамическая модель и ее ключевые уравнения. Изложены основные сведения, касающиеся численного метода, а также специфики его реализации на неструктурированных тетраэдральных сетках.

**В третьей главе** сформулирована модель нестационарной теплопроводности, предназначенная для расчета распределения температуры в ключевых элементах ВЛА. Описаны начальные и граничные условия.

**В четвертой главе** приведены результаты применения разработанных компьютерных кодов для решения как чисто газодинамических задач (обтекание затупленного и двойного конуса, цилиндра, экспериментального ВЛА), так и задач внутреннего теплообмена на примере оценки теплового баланса ВЛА HIFIRE-1.

**В заключении** сформулированы основные результаты и выводы работы.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК категории К2, 1 статья в международном научном издании, включенном в системы цитирования Web of Sciences и Scopus.

**Апробация результатов работы.** Основные результаты работы были представлены на 8 всероссийских конференциях по тематике диссертации.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В диссертации отмечено, что значения коэффициентов теплоемкости и теплопроводности при решении задачи прогрева принимались постоянными. Учитывалась ли их температурная зависимость для газодинамической задачи?

2. Насколько корректными являются результаты проведенных расчетов в приближении совершенного газа?

3. Для модели двойного конуса  $25^\circ/55^\circ$  имело смысл провести более углубленное сравнение полученных расчетных результатов на неструктурированной расчетной сетке по сравнению с известными результатами на структурированной сетке, например, добавить исследования влияния размера пристеночных узлов неструктурированной сетки.

В целом указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

**Заключение.** Диссертационная работа Корюкова Ивана Александровича «Численное моделирование ударно-волновых взаимодействий в высокоскоростных потоках газа» является законченным научным исследованием, которое представляет собой научно-квалификационную работу, содержащую новые результаты, представляющие научный и практический интерес для современных задач аэротермодинамики ВЛА. Диссертация содержит достоверные актуальные и значимые научные результаты, удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским

диссертациям по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Даю свое согласие на обработку своих персональных данных.

Официальный оппонент

Поняев Сергей Александрович

Кандидат физико-математических наук

Ведущий научный сотрудник лаборатории физической газодинамики  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук  
(194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26)

e-mail: [serguei.poniaev@mail.ioffe.ru](mailto:serguei.poniaev@mail.ioffe.ru)

тел: +7-921-985-49-70

*Пок*

С.А. Поняев

12 января 2026 года



Подпись Поняева С.А. удостоверяю

*Зав.отделом кадров* зав.отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе

*Н.С. Буценко* , *Н.С. Буценко*