

ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертацию Колесника Сергея Александровича «Разработка математического аппарата численно-аналитического решения прямых и обратных задач сопряженного теплопереноса между вязкими газодинамическими течениями и анизотропными телами», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

В диссертации Колесника С. А. разработан математический аппарат на основе численных и аналитических методов решения прямых и обратных задач сопряженного теплопереноса между вязкими теплогазодинамическими течениями и анизотропными телами в условиях аэрогазодинамического нагрева скоростных летательных аппаратов (ЛА). Математический аппарат включает в себя разработку комплексных физико-математических моделей сопряженного теплообмена при обтекании высокоскоростными газодинамическими потоками затупленных тел с анизотропной тепловой защитой, и обоснование по аппроксимации и устойчивости новых экономичных абсолютно устойчивых методов численного решения задач вязкой теплогазодинамики и анизотропной теплопроводности, разработку методологии численного решения граничных и коэффициентных задач идентификации по восстановлению тепловых потоков к анизотропным телам и нелинейных компонентов тензора теплопроводности анизотропных теплозащитных материалов, построение аналитических решений класса задач теплопереноса, содержащих смешанные дифференциальные операторы и апробацию новых численных методов, а так же разработку программных комплексов по решению задач теплогазодинамики, анизотропной теплопроводности и сопряженных задач теплогазодинамики и анизотропной теплопроводности.

Ранее отдельные составляющие всей комплексной проблемы рассматривались в работах Лыкова А. В., Самарского А. А., Тихонова А. Н., Арсенина В. Я., Алифанова О. М., Кабанихина С. К., Совершенного В. Д., Ревизникова Д. Л. и многих других. Однако, математическое моделирование всей комплекс-

ной проблемы сопряженного теплопереноса, методы численного и аналитического решения прямых и обратных задач ранее частично были решены в совместных работах Формалева В. Ф. и Колесника С. А., при этом подробный анализ взаимозависимости отдельных составляющих всей проблемы ранее не проводился.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и двух приложений.

Во введении обоснована актуальность, цель, научная новизна диссертационной работы, сделан обзор литературы.

В первой главе разработан метод математического моделирования комплексной проблемы сопряженного теплообмена между ударным газодинамическим слоем на основе уравнений Навье-Стокса и анизотропными затупленными телами с выбором моделей турбулентности и формированием краевых условий, включая краевые условия сопряжения, причем большинство граничных условий на теле могут быть сформулированы апостериорно.

Во второй главе на основе идеологии расщепления и экстраполяции разработаны и обоснованы по аппроксимации и устойчивости новые экономичные, абсолютно устойчивые методы численного решения задач вязкой теплогаздинамики, нестационарных задач теплопроводности, содержащих смешанные дифференциальные операторы и сопряженных задач вязкой теплогаздинамики и анизотропной теплопроводности.

В третьей главе на основе методов численного моделирования сопряженного теплопереноса между вязкими теплогаздинамическими течениями и составными анизотропными телами, а также на основе разработанного программного комплекса получены и проанализированы многочисленные результаты по исследованию взаимного влияния на динамические и тепловые характеристики газодинамического течения компонентов тензора теплопроводности обтекаемого анизотропного тела. Установлено, что для степени продольной анизотропии тепловой защиты затупленного тела, превышающей значение 20, существенно уменьшаются тепловые потоки от газа к боковой поверхности затупленного те-

ла, т.е. теоретически разработан новый способ тепловой защиты носовых частей скоростных ЛА. Проведено тестирование численных методов путем сравнения результатов численного и аналитического решений

В четвертой главе, на основе построения граничных функций влияния (граничных функций Грина) с помощью интегральных методов, впервые получены точные аналитические решения класса задач теплопроводности в анизотропных телах с граничными условиями второго, третьего и четвертого родов, использованные не только для тестирования новых численных методов, но и для решения сопряженных задач теплогазодинамики и анизотропной теплопроводности в окрестности критической точки затупленного тела.

В пятой главе разработана методология численного решения обратных граничных и коэффициентных задач, в том числе и нелинейных, по восстановлению тепловых потоков и компонентов тензора теплопроводности при сопряженном теплопереносе между вязкими теплогазодинамическими течениями и анизотропными телами. Методология включает в себя следующие процедуры и методы: неявный метод градиентного спуска, метод параметрической идентификации, численные методы прямых задач, методы регуляризации квадратичных функционалов невязки, постановку и численные методы решения задач по определению коэффициентов чувствительности, методы исследования сходимости итерационных алгоритмов минимизации. Все эти составляющие в комплексе разработаны впервые. С помощью разработанных программных комплексов получены и проанализированы многочисленные результаты восстановления нелинейных компонентов тензора теплопроводности и тепловых потоков, причем разработка и введение регуляризирующего функционала позволяет получать результаты с погрешностями в окрестности погрешностей экспериментальных данных.

Основные научные результаты получены Колесником С. А. самостоятельно. Они докладывались на международных конференциях и опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК и имеющих международный индекс цитирования. Работа поддержана рядом грантов РФФИ и РНФ, грантом по вы-

полнению НИР в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки РФ, а так же тремя грантами Президента РФ по поддержке молодых кандидатов наук.

Диссертация представляет собой крупный вклад в математическое моделирование, теорию и практику теплового проектирования высокоскоростных ЛА, является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям ВАК, а ее автор, доцент Колесник С. А., заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный консультант:
заслуженный деятель науки РФ, д.ф.-м.н.,
профессор кафедры
«Вычислительная математика
и программирование» МАИ

06.06.16

В. Ф. Формалев

Подпись Формалева В. Ф. удостоверяю.
Декан факультета «Прикладная математика
и физика» МАИ



С. С. Крылов