

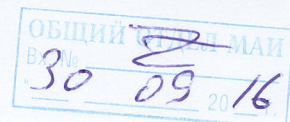
ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации 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».

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, содержащего 178 наименований, и двух приложений. Она изложена на 356 страницах и содержит 66 рисунков и 9 таблиц.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Практическая необходимость корректного прогнозирования теплового состояния высокоскоростных летательных аппаратов в условиях кондуктивно-конвективного теплообмена с окружающей средой предполагает решение сопряженных задач теплопереноса в системе “пристенные течения – обтекаемое твердое тело”. А так как при обтекании твердых тел, изготовленных из анизотропных материалов, стандартное приближение пограничного слоя становится неприемлемым, то для решения рассматриваемого класса задач отдельно разрабатывались методы решения задач вязкой газодинамики (без учета теплового состояния твердого тела) и отдельно методы решения задач теплопереноса в твердом теле без учета теплогазодинамических характеристик окружающей среды. При определении температурных полей и тепловых потоков реализация этого подхода приводит к погрешностям, достигающим 50% и более.



Таким образом, возникла комплексная проблема сопряженного теплопереноса между вязкими теплогазодинамическими течениями и элементами конструкций высокоскоростных летательных аппаратов в условиях аэрогазодинамического нагрева. При этом следует заметить, что тепловая защита этих элементов изготавливается (в основном) из анизотропных материалов, имеющих значимую степень анизотропии (от 1 и до 200).

Несмотря на очевидную прикладную значимость рассматриваемого класса задач, известные результаты в этой области математической теории тепломассопереноса весьма немногочисленны, что объясняется трудностями принципиального характера, возникающими как при формализации (этап построения математических моделей), так и при решении сопряженных задач теплообмена в системе “пристенные течения – обтекаемое твердое тело” (этап реализации математических моделей). С учетом сказанного можно утверждать, что любые новые результаты, связанные с построением математических моделей процессов формирования температурных полей в рассматриваемых системах и разработкой эффективных вычислительных методов для их практической реализации имеют не только теоретическое значение. Поэтому актуальность темы диссертационной работы Колесника С. А. не вызывает сомнений у оппонента.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ДОСТОВЕРНОСТЬ

При выполнении диссертационной работы С. А. Колесник получил ряд новых результатов, среди которых выделим лишь следующие:

1. Разработана математическая модель процесса формирования температурного поля в системе “вязкие теплогазодинамические течения – затупленное анизотропное тело” в условиях аэрогазодинамического нагрева.

2. Для практической реализации предложенной (исходной) математической модели изучаемого процесса с учетом специфики

разработаны и теоретически обоснованы новые экономичные и абсолютно устойчивые методы расщепления: (1) с экстраполяцией по пространственным переменным (МРЭП – для решения задач вязкой теплогазодинамики); (2) с экстраполяцией по временному переменному (МРЭВ – для решения задач анизотропной теплопроводности). При этом, за счет использования неявной аппроксимации существенно нелинейного граничного условия четвертого рода в системе “газ – твердое тело” и специфики МРЭП-МРЭВ диссертанту удалось разработать метод определения параметра сопряжения (температуры границы), сохраняющий абсолютную устойчивость и высокую степень точности.

3. В аналитически замкнутом виде найдены решения задач об определении температурного поля: (1) анизотропной пластины с граничными условиями второго рода специального вида; (2) анизотропной полуплоскости с граничными условиями третьего рода специального вида. Полученные результаты использовались в частности, для построения приближенного аналитического решения сопряженной задачи пограничного слоя и анизотропной теплопроводности.

4. Разработан и теоретически обоснован алгоритм решения граничных и коэффициентных обратных задач сопряженного теплопереноса, использующий неявные методы градиентного спуска, метод наименьших квадратов, методы определения элементов матрицы чувствительности, построение и применение регуляризирующего функционала.

Достоверность полученных результатов гарантируется корректностью постановок исходных математических задач, строгостью использованного математического аппарата, а так же сопоставлением результатов многочисленных вычислительных экспериментов с известными результатами других авторов. В частности, результаты вычислительных экспериментов, приведенные в третьей главе диссертации, подтверждают “эффект сноса” температурного поля в анизотропном материале.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ

Упорядоченную совокупность новых результатов, полученных С.А. Колесником при выполнении диссертационной работы, можно интерпретировать как теоретические основы нового эффективного подхода к решению практически важной комплексной проблемы сопряженного теплопереноса между вязкими теплогазодинамическими течениями и анизотропными теплозащитными покрытиями элементов конструкций высокоскоростных летательных аппаратов в условиях аэрогазодинамического нагрева. На базе этих теоретических основ диссертантом разработаны и апробированы программные комплексы, позволяющие решать как прямые, так и обратные задачи рассматриваемого класса.

ЗАМЕЧАНИЯ

Несмотря на достоинства, отмеченные выше, по материалу, представленному в диссертации, можно сделать ряд замечаний, среди которых выделим лишь следующие:

1. Условия типа условий (4.1.3):

$$T(\pm\infty, y, t) = 0, \frac{\partial T(\pm\infty, y, t)}{\partial x} = 0, x \in (-\infty, +\infty), y \in (0, +\infty), t > 0$$

для дифференциального оператора второго порядка по переменному $x \in (-\infty, +\infty)$ не являются корректными ни по существу, ни по форме их представления. Если изучаемый процесс протекает в неограниченной области, до достаточно указать класс функций, в котором ищется решение рассматриваемой задачи (Владимиров В.С. Уравнения математической физики.– М.: Наука, 1967.–438с.);

2. “Эффект сноса” температурного поля в анизотропном материале, на котором фактически базируется предполагаемый диссертантом новый способ

тепловой защиты носовых частей высокоскоростных летательных аппаратов, он мог установить и не прибегая к анализу результатов многочисленных вычислительных экспериментов с использованием разработанного программного комплекса. Этот эффект явно просматривается, в частности, в представлении (4.1.11) решения задачи (4.1.1)-(4.1.5) в пространстве изображений композиции интегрального преобразования Лапласа и экспоненциального интегрального преобразования Фурье;

3. Фактически остался открытым вопрос об определении параметра регуляризации в программных комплексах для решения обратных задач. Фраза “Параметры регуляризации можно подбирать ... по максимальной близости искомой функции к общему ее представлению” на стр. 321 диссертации (2-ой абзац сверху) не проясняет ситуацию. О какой “близости” идет речь: по интегральной норме или по максимальному отклонению?

4. Встречаются досадные опечатки (стр. 79 диссертации – “значение теплопроводности”), неудачные фразы (стр. 82 диссертации, 2-й абзац снизу), редакционные погрешности (стр. 342, ссылка 118).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сделанные замечания не затрагивают основных положений диссертации, выполненной на высоком теоретическом уровне, и не снижают ее научной и практической ценности. Основные результаты, выносимые на защиту, опубликованы в 64 печатных работах, среди которых 26 статей в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых изданий ВАК РФ (в том числе 15 в журналах, реферируемых в международных базах Web of Science или Scopus). Получено 8 свидетельств о государственной регистрации программных комплексов для ЭВМ. Автореферат полностью отражает основные положения диссертации, которые обсуждались на многочисленных конференциях и семинарах.

Диссертация Колесника Сергея Александровича является самостоятельной завершённой научно-исследовательской работой. В ней

решена крупная научная проблема, имеющая не только большое теоретическое, но и весьма существенное практическое значение для решения обширного класса задач теплозащиты высокоскоростных летательных аппаратов. По актуальности, научному уровню и практической значимости она удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям, выполненным по специальности 05.13.18 – “Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ”, соответствует критериям, установленным постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. “О порядке присуждения ученых степеней”, а ее автор достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент–

профессор каф. “Математическое моделирование” МГТУ им. Н.Э. Баумана,

Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники,

д.ф.-м.н., профессор

Волков Игорь Куприянович

27.09.2016



В Р Н О:
Управления кадров
И.Э. БАУМАНА
А.Г. МАТВЕЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)” (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5, стр. 1
Телефон: +7 (499) 263-6391
E-mail: bauman@bmstu.ru