

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Афанасьева Никиты
Александровича на тему: «Балансно-характеристические методы для
задач термоакустики и взаимодействия газовых потоков с упругими
телами»
по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ

Диссертация посвящена актуальной проблеме построения методов высокого разрешения на основе балансно-характеристических схем типа Кабаре для широкого круга задач механики сплошных сред от уравнений однослойной мелкой воды и движения изоэнтропического газа до задач аэроупругости в одномерном и двумерном случае. Диссертация состоит из введения, 5 глав, содержащих описание предложенных алгоритмов и примеров их использования для решения ряда модельных задач, заключения и списка литературы в 124 наименования. Связующим звеном всех разработанных алгоритмов и моделей, рассмотренных в диссертации, можно считать построение консервативных схем на компактном шаблоне с разнесенными переменными по пространству и времени с учетом принципа обратимости по времени, трехшаговой процедуры пересчета переменных и использованием характеристического шага для реконструкции потоковых переменных на новом временном слое с учетом монотонизирующей коррекции или без нее.

Работа выполнена на высоком научном уровне, и основные результаты были опубликованы в достаточном числе (6) журналов, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ. Впечатляет объём проделанных исследований и разнообразие рассмотренных задач, которые вполне могли бы стать предметом рассмотрения (как минимум!) 2х кандидатских диссертаций - одной по газовой динамике и другой по моделированию аэроупругих взаимодействий.

При этом существенно, что **все положения диссертации, выносимые на защиту, обоснованы, основные научные выводы и рекомендации достаточно четко сформулированы, и их новизна не вызывает сомнений.**

Тем не менее, необходимо отметить, что, по-видимому, в силу широты охвата материала, не все части диссертации одинаково хорошо описаны. Определенная недошлифовка глав 3-5 особенно заметна по сравнению с главой 2, посвященной неявному методу обработки звуковой точки для задач однослойной мелкой воды, материал которой уже опубликован в J.Comp.Phys. В работе в целом присутствует ряд мелких неточностей и опечаток, исправление которых было бы крайне желательно для доведения материалов диссертации до стандартов публикации в журналах первой четверти (Q1). Содержание всех без исключения глав этого вполне достойно с точки зрения новизны подходов.

Полный список замечаний я переслал диссертанту, и **5** наиболее значительных из них приведены ниже:

Замечание 1

стр.16

Утверждение *"Впервые предложено дисперсионное улучшение схемы КАБАРЕ для линейных и нелинейных уравнений гиперболического типа, позволяющее повысить точность переноса всех инвариантов Римана системы"* в рамках научной новизны нуждается в уточнении, поскольку предложенные манипуляции с локальными инвариантами Римана на расширенном шаблоне в 3 ячейки не будут приводить к проблемам только (1) на достаточно гладких сетках и (2) при достаточно медленно меняющемся среднем поле от ячейке к ячейке. В этом смысле простая модификация предложенная в [55,61], где в третьей пространственной производной отсутствуют характеристические переменные представляется более робастной для типичных задач звукопереноса, где в значительной области расчета скорость потока существенно меньше скорости звука, и важны только акустические инварианты.

Упоминание "различных дозвуковых и сверхзвуковых задач аэроакустики" в части практической значимости работы также нуждается в уточнении. К сожалению, автором не была продемонстрирована работа неявного алгоритма расчета звуковой точки для полных уравнений Эйлера, а лишь для их урезанной версии -- уравнений мелкой воды. Обобщение на полные уравнения газовой динамики, которые часто требуется решать в рамках задач аэроакустики, и их верификация на соответствующих тестах видимо еще потребует дополнительных усилий.

Замечание 2

стр. 104-105

Эмпирический критерий, предложенный для отключения дисперсионной поправки Кабаре на основе отношений градиентов (выражение над формулой (3.21)), также приведет к отключению спектрально улучшенной схемы при линейном переносе высокочастотных гармоник, недостаточно разрешенных на сетке (10-15 ячеек на длину волны и менее). Таким образом, это приведет к переключению в стандартную Кабаре при решении задач линейного волнового переноса, где улучшение дисперсионных свойств было бы особенно нужно. Решение с ударной волной показанное на рис.3.7, по сути, получено полным отключением дисперсионной добавки. И утверждение *"предложенная улучшенная схема может быть применена как к акустическим, так и к существенно нелинейным задачам"* следовало бы уточнить. В идеале для подтверждения универсальности алгоритма следовало бы продемонстрировать его работу на задачах, где ударная волна распространяется по осциллирующему фону с демонстрацией слабой чувствительности решения от настроечного параметра ϵ .

Замечание 3

стр. 112

"Преимуществом использования схемы КАБАРЕ (4.4) – (4.7) в данном случае является естественный учет нелинейности мощности нагрева q в первой (4.4) и третьей (4.7) фазах алгоритма."

С учетом эмпирической модели горения, полученной из феноменологических соображений, следовало бы обсудить насколько важно получать несколько более точное решение для весьма приближенной модели источника (разница в относительных ошибках Кабаре и OSCILOS по нижней частоте колебаний, представленных на рис.4.5а очень мала ~ 0.001).

Замечание 4

стр. 134

Схожий алгоритм Кабаре для уравнений динамической упругости на движущейся сетке был опубликован ранее М.А. Зайцевым:

МА Зайцев, СА Карабасов Схема Кабаре для численного решения задач деформирования упругопластических тел, Математическое Моделирование, 2017, 29 (11), 53-70

Алгоритм был валидирован на задачах вдавливания сферы в упругопластическое пространство, деформирования сосуда под действием заданного давления и распространения плоской сейсмической волны из точечного источника. Следовало бы сослаться на эту статью и прокомментировать отличия и преимущества предлагаемого подхода для уравнений динамической упругости.

Замечание 5

стр.145-160

В представленных результатах тестовых расчетов отсутствует какая-либо верификация -- сравнение с аналитическими решениями, эталонными решениями в литературе, или хотя бы даже исследование чувствительности полученных решений к сеточным параметрам. Например, следовало бы проанализировать чувствительность параметра искусственной вязкости (эффективного поверхностного натяжения) ksi к сеточному разрешению и предложить рекомендации по его априорному выбору для обеспечения

устойчивости счета на требуемых временах и корректности получаемого решения по сравнению с моделируемым физическим режимом.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Афанасьев Никита Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник НИО-9
«ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е.
ЖУКОВСКОГО"»

Карабасов Сергей Александрович

23/10/2023

Контактные данные:

тел.: 8-495-916-90-91, доб. 44-72, e-mail: aeroacoustics@tsagi.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Адрес места работы:

140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1.

Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е.

Жуковского, НИО-9

Тел.: 8-495-916-90-91, доб. 44-72, e-mail: aeroacoustics@tsagi.ru

Подпись сотрудника

Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н.Е. Жуковского

С.А. Карabasова удостоверяю:

Начальник МК ЦАГИ


 А.В. Беляков

