

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертационной работе Афанасьева Никиты Александровича «Балансно-характеристические методы для задач термоакустики и взаимодействия газовых потоков с упругими телами», представленной на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертационная работа Афанасьева Н.А. посвящена дальнейшему развитию теории балансно-характеристических схем для систем законов сохранения гиперболического типа и демонстрации их возможностей на решении двух практически важных прикладных задач.

К классу балансно-характеристических схем относится, в частности, схема КАБАРЕ, успешно применяющаяся при решении задач аэроакустики, водородной безопасности и вычислительной океанологии. В ней объединяются достоинства консервативных и характеристических алгоритмов. Схема имеет второй порядок аппроксимации, улучшенные диссипативные и дисперсионные характеристики и определена на минимально возможном вычислительном шаблоне.

Отличительной особенностью балансно-характеристических схем является наличие т.н. «звуковых точек», в которых хотя бы одна из характеристических скоростей меняет знак. Число таких точек зависит от характера рассчитываемого течения и, как правило, невелико, однако вычислительные погрешности, возникающие при их обработке, сильно влияют на качество решения в целом. Одним из достижений диссертационной работы Афанасьева Н.А. является новый подход к конструированию эффективных алгоритмов «обработки звуковых точек» - аппроксимации базовых уравнений на границах расчетных ячеек, в которых происходит смена знака характеристических скоростей.

Балансно-характеристическая схема КАБАРЕ в областях гладкости решения является бездиссипативной и главные члены в ее дифференциальном приближении описывают численную дисперсию. В работе Афанасьева Н.А. предложена новая техника введения антидисперсионных поправок, существенно улучшающих разрешающую способность схемы на задачах с доминирующим сеточным переносом.

Афанасьевым Н.А. продемонстрирована возможность применения бездиссипативных балансно-характеристических схем с улучшенными дисперсионными свойствами для решения задач виброакустики – численного моделирования развития термоакустических неустойчивостей в газовых камерах энергетических установок. Развитие термоакустической неустойчивости приводит к сокращению рабочего ресурса камеры, вплоть до ее полного разрушения. Для выявления опасных режимов работы газовых камер на этапе проектирования проводится численное моделирование акустического тракта на основе достаточно грубых инженерных моделей. Прямые расчеты в CFD приближении, при использовании численных алгоритмов коммерческих пакетов не представляется возможным ввиду значительной сеточной вязкости последних и малости инкрементов нарастания термоакустической неустойчивости.

Следующим новшеством, достойным упоминания, является обобщение схемы КАБАРЕ на лагранжевы и смешанные эйлерово-лагранжевы переменные для многомерных задач нестационарных задач теории упругости и газовой динамики. Это дает возможность существенного повышения точности при решении задач взаимодействия газовых потоков с упругими элементами инженерных конструкций – переходу к «монолитной» («бесшовной») аппроксимации их интерфейсов.

Все новые результаты, вошедшие в диссертационную работу, достаточно полно опубликованы и получены Афанасьевым Н.А. самостоятельно.

В процессе работы над диссертацией Никита Александрович Афанасьев проявил себя как грамотный специалист, имеющий ярко выраженную склонность к научной работе, креативно мыслящий и умеющий находить нестандартные решения возникающих в процессе исследований проблем.

Считаю, что диссертационная работа Афанасьева Н.А. соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, рекомендую присудить ее автору – Афанасьеву Никите Александровичу – ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный руководитель  
доктор физико-математических наук, профессор,  
профессор кафедры вычислительных методов  
факультета вычислительной математики и кибернети-  
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

В.М. Головизнин  
11.04.2023 г.

Адрес: 119991 ГСП-1 Москва, Ленинские горы,  
МГУ имени М.В.Ломоносова, 2-й учебный корпус,  
Факультет вычислительной математики и кибернетики,  
Тел.:+7(495)939-18-89, e-mail: gol@ibrae.ac.ru

