

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
МГУ.012.1 по диссертации на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук

Решение диссертационного совета от 15 ноября 2023 г. №5

О присуждении Афанасьеву Никите Александровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «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» принята к защите диссертационным советом 27 сентября 2023 г., протокол № 3.

Соискатель Афанасьев Никита Александрович, 1994 года рождения, в 2016 году окончил бакалавриат факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению «прикладная математика и информатика» (кафедра вычислительных методов), в 2018 г. окончил магистратуру факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению «прикладная математика и информатика» (кафедра вычислительных методов). С 2018 по 2022 год соискатель обучался в аспирантуре факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре вычислительных методов. С 03.10.2022 г. по настоящее время соискатель работает на факультете вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре вычислительных методов в должности ассистента.

Диссертация выполнена на кафедре вычислительных методов факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

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

Официальные оппоненты:

Карабасов Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник НИО-9 «Федеральное Автономное Учреждение "Центральный Аэрогидродинамический Институт имени Профессора Н.Е. Жуковского"»,

Меньшов Игорь Станиславович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник (уч.зв.), главный научный сотрудник отдела № 8 “Прикладные задачи механики сплошных сред” «Федеральное Государственное Учреждение "Федеральный Исследовательский Центр Институт Прикладной Математики им. М.В. Келдыша Российской Академии Наук"»,

Титарев Владимир Александрович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, руководитель Отделения 2 "Моделирование сложных физических и технических систем", «Федеральное Государственное Учреждение "Федеральный Исследовательский Центр "Информатика и Управление" Российской Академии Наук"» дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что оппоненты являются ведущими специалистами по теме диссертации, компетентны в области математического моделирования, численных методов и разработки комплексов программ, результаты их исследований, полученные за последние годы, опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных журналах и близки по теме исследованиям соискателя, что позволяет оппонентам дать всестороннюю глубокую оценку результатам, представленным в диссертационной работе. Все оппоненты имеют учёные степени доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 20 работ, из них 6 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»:

1. Афанасьев Н. А., Головизнин В. М., Соловьев А. В. Схема КАБАРЕ с улучшенными дисперсионными свойствами для систем линейных дифференциальных уравнений гиперболического типа // Вычислительные методы и программирование. — 2021. — т. 22, № 1. — с. 67–76. — Импакт-фактор RSCI: 0.488.
2. Афанасьев Н. А., Майоров П. А. Схема КАБАРЕ на подвижных сетках для двумерных уравнений газовой динамики и динамической упругости // Вычислительные методы и программирование. — 2021. — т. 22, № 4. — с. 306–321. — Импакт-фактор RSCI: 0.488.
3. Прямое моделирование термоакустической неустойчивости в газогенераторах по схеме КАБАРЕ / Н. А. Афанасьев, В. М. Головизнин, В. Н. Семенов и др. // Математическое моделирование. — 2021. — т. 33, № 2. — с. 3–19.

Direct simulation of thermoacoustic instability in gas generators using “CABARET” scheme / Afanasiev N. A., Goloviznin V. M., Semenov V. N. et al. // *Math. Models Comput. Simul.* — 2021. — Vol. 13, no. 5. — P. 820—830. — Импакт-фактор Scopus: 0.365.

4. Головизнин В. М., Афанасьев Н. А. Бесшовный балансно-характеристический метод решения задач взаимодействия жидкости и газа с деформируемыми объектами // *Математическое моделирование.* — 2021. — т. 33, № 10. — с. 65–82.

Goloviznin V. M., Afanasiev N. A. Monolithic balance-characteristic method for solving problems of interaction of liquid and gas with deformable objects // *Math. Models Comput. Simul.* — 2022. — Vol. 14, no. 3. — P. 398—410. — Импакт-фактор Scopus: 0.365.

5. Afanasiev N., Goloviznin V. A locally implicit time-reversible sonic point processing algorithm for one-dimensional shallow-water equations // *Journal of Computational Physics.* — 2021. — Vol. 434. — P. 110220. — Импакт-фактор WoS: 4.1.

6. Моделирование динамики жидкости со свободной поверхностью в гравитационном поле схемой КАБАРЕ / Н. А. Афанасьев, В. М. Головизнин, П. А. Майоров, А. В. Соловьев // *Математические заметки СВФУ.* — 2022. — т. 29, № 4. — с. 77–94. — Импакт-фактор Scopus: 0.17.

Все основные результаты, приведенные в вышеуказанных статьях и использованные в диссертации, получены автором лично под научным руководством д.ф.-м.н., проф. В.М. Головизнина. Все используемые в ходе исследований численные алгоритмы были реализованы автором в виде программного комплекса, проведено компьютерное моделирование, визуализация и описание результатов численных экспериментов. Анализ полученных результатов, в частности, сравнения с аналитическими решениями и другими численными методами, проводился автором с частичной помощью соавторов, при этом вклад автора был определяющим. Соавторы помогали автору с редактурой текста. В работе [1] автором был предложен метод с улучшенными дисперсионными свойствами и проведено сравнение результатов с аналитическими решениями. В статьях [2,4] автором был предложен монолитный алгоритм для решения задач сопряженной аэроупругости и проведены численные эксперименты для одномерных и двумерных задач взаимодействия двух упругих тел и упругого тела с идеальным газом. В работе [3] автором был предложен балансно-характеристический алгоритм для задач вибрационного горения и проведено сравнение

результатов его работы с результатами, полученными по сетевым моделям. В работе [5] автором был предложен алгоритм обработки звуковых точек для балансно-характеристических схем для одномерных уравнений мелкой воды над ровным дном, проведена верификация метода на тестах Торо. В статье [6] автором предложен метод учета сил поверхностного натяжения для балансно-характеристического метода для уравнений динамики слабосжимаемой жидкости в поле сил тяжести, исследовано поведение численного решения задачи о развитии неустойчивости Рэлея-Тейлора.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны и реализованы различные численные методы решения задач вибрационного горения и сопряженной аэроупругости. Разработанный автором программный комплекс может быть использован для решения различных дозвуковых и сверхзвуковых задач аэроакустики, проектировании газовых турбин нового поколения и задач атомной энергетики, связанных с обтеканием деформируемых элементов атомных реакторов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. локально-неявный обратимый по времени характеристический метод обработки звуковых точек для решения систем дифференциальных уравнений гиперболического типа, для которых используются аналитические или приближенные выражения для инвариантов Римана;
2. явный балансно-характеристический метод с улучшенными по сравнению со схемой КАБАРЕ дисперсионными свойствами для решения систем линейных и нелинейных уравнений гиперболического типа;
3. квазиодномерная математическая модель для описания процессов развития термоакустической неустойчивости с учетом различных моделей горения, явный балансно-характеристический метод для решения уравнений данной модели и его сравнение с классическими методами термоакустических цепей;
4. бесшовный явный балансно-характеристический метод в смешанных эйлерово-лагранжевых переменных для уравнений идеального газа и в лагранжевых переменных для уравнений динамической упругости для решения задач сопряженной гидроупругости;

5. комплекс программ для моделирования задач термоакустики и взаимодействия газовых потоков с упругими телами с использованием модифицированных балансно-характеристических методов; результаты численных экспериментов, подтверждающие возможность моделирования трансзвуковых течений и наличие улучшенных дисперсионных свойств; результаты математического моделирования возникновения термоакустической неустойчивости в трубе Рийке; результаты численных экспериментов, подтверждающие возможность качественного и устойчивого моделирования задач взаимодействия газовых потоков с упругими телами на подвижных четырехугольных сетках.

На заседании 15 ноября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Афанасьеву Н.А. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 15 докторов наук по специальности 1.2.2, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 22, против - 0, недействительных голосов - 0.

Председатель диссертационного совета  
академик РАН

**Тыртышников Е.Е.**

Учёный секретарь диссертационного совета,  
член-корреспондент РАН

**Ильин А.В.**

Декан факультета ВМК

**Соколов И.А.**

«15» ноября 2023 г.