

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.061.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
ГЕОФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 07.04.2021 №4

О присуждении Хандеевой Надежде Александровне, гражданке Российской Федерации, **ученой степени кандидата физико-математических наук.**

Диссертация «Исследование монотонности и точности схемы CABARET» по специальности 01.01.07 — вычислительная математика принята к защите 27 января 2021, протокол заседания № 2, **диссертационным Советом** Д 003.061.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, созданного приказом Минобрнауки России №75нк-38 от 15.02.2013 г.

Соискатель Хандеева Надежда Александровна, 1992 года рождения. В 2015 году Зюзина Надежда Александровна (в настоящее время Хандеева, свидетельство о заключении брака П-ЕТ № 635481) с отличием **окончила** магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет». В 2019 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук. Работает младшим научным сотрудником лаборатории моделирования гетерофазных материалов в Федеральном госу-

дарственном бюджетном учреждении науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории моделирования гетерофазных материалов в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, Остапенко Владимир Викторович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория прикладной и вычислительной гидродинамики, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Кобельков Георгий Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра вычислительной математики механико-математического факультета, заведующий кафедрой,

Актершев Сергей Петрович, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория проблем тепломассопереноса, ведущий научный сотрудник — **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация: Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», г. Москва,

в своем положительном заключении, подписанным Жуковым Виктором Тимофеевичем, доктором физико-математических наук, заведующим отделом №8, указала, что работа Н.А. Хандеевой представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержит новые результаты, имеющие несомненную теоретическую

и прикладную значимость, которые могут быть использованы при разработке новых компьютерных кодов для численного моделирования сложных гидро- и газодинамических течений. Работа выполнена на высоком научном уровне. Представленные в работе исследования обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обоснованы. Основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора. Тема, содержание и результаты диссертации Н.А. Хандеевой отвечают Паспорту специальности 01.01.07 — «Вычислительная математика». Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации. Работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а диссертант Н.А. Хандеева заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук со специальности 01.01.07 — «Вычислительная математика».

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ. Работы представляют собой статьи в научных изданиях (7 статей — в изданиях, входящих в список ВАК, в том числе 5 — в журналах, индексируемых системой цитирования Web of Science, 7 — Scopus), а также тезисы и труды конференций. Опубликованные работы в полном объеме отражают содержание диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Зюзина Н.А., Остапенко В.В. Модификация схемы Кабаре, обеспечивающая ее повышенную точность на локальных экстремумах // Матем. моделирование. 2015. Т. 27, № 10. С. 21-31. **В работе показано**, что стандартная коррекция потоковых переменных в двух-с-половиной слойной по времени схеме CABARET приводит к снижению точности данной схемы в областях локальных экстремумов рассчитываемых решений. Предложена модифицированная коррекция потоков, которая сохраняет повышенную точность схемы в областях локальных экстремумов точного решения при аппроксимации скалярного закона сохранения. **Личный вклад:** участие в обсуждении постановки задачи, разработка вычислительного алгоритма, проведение численных экспериментов, анализ результатов. **Объём публикации:** 11 страниц.

2. Зюзина Н.А., Остапенко В.В. Монотонная аппроксимация схемой Кабаре скалярного закона сохранения в случае знакопеременного характеристического поля // Доклады АН. 2016. Т. 470, № 4. С. 375-379. **В работе была предложена модификация двухслойной схемы CABARET, обеспечивающая её монотонность при аппроксимации скалярного закона сохранения с выпуклым потоком как в областях, в которых скорость распространения характеристик имеет постоянный знак, так и в случае, когда скорость распространения характеристик аппроксимируемого уравнения меняет знак. Личный вклад:** участие в обсуждении постановки задачи, нахождении подхода к построению модификации схемы, доказательстве теорем о монотонности; разработка вычислительного алгоритма, проведение численных экспериментов, анализ результатов. **Объём публикации:** 5 страниц.

3. Зюзина Н.А., Остапенко В.В. О распаде неустойчивых сильных разрывов при аппроксимации схемой Кабаре скалярного закона сохранения с выпуклым потоком // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2018. Т. 58, № 6. С. 988-1012. **В работе показано, что монотонность модифицированной схемы CABARET при числах Куранта от 0.5 до 1 не обеспечивает полного распада неустойчивых сильных разрывов. Для стандартной и модифицированной схем CABARET получен разностный аналог энтропийного неравенства и предложен метод, обеспечивающий в разностном решении полный распад неустойчивых сильных разрывов для любых чисел Куранта, при которых схема CABARET является устойчивой. Личный вклад:** участие в обсуждении постановки задачи, получении разностного аналога энтропийного неравенства, построении модификации схемы; разработка численного алгоритма, проведение численных экспериментов, анализ результатов. **Объём публикации:** 25 страниц.

4. Зюзина Н.А., Остапенко В.В., Полунина Е.И. Метод расщепления при аппроксимации схемой CABARET неоднородного скалярного закона сохранения // Сиб. Журн. Вычисл. математики. 2018. Т. 21, № 2. С. 185-200. **В работе предложен метод расщепления по физическим процессам для двухслойной по времени схемы CABARET, аппроксимирующей задачу Коши для неоднородного скалярного закона сохранения с выпуклой и монотонно возрастающей функцией потока. Личный**

вклад: участие в обсуждении постановки задачи, нахождении подхода к построению модификации схемы CABARET; реализация вычислительного алгоритма, численные эксперименты; анализ полученных результатов. **Объём публикации:** 16 страниц.

На автореферат поступило 2 отзыва. Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечается актуальность, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Отмечено, что диссертационная работа соответствует специальности 01.01.07 — «Вычислительная математика».

1. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н. Кудрявцевым А.Н., старшим научным сотрудником лаборатории вычислительной аэродинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв положительный, содержит замечания:

- Осталось непонятным неоднократное используемое в автореферате выражение “схема не обеспечивает полного распада разрыва” в тех случаях, когда речь идет о появлении внутри гладкого профиля волны разрежения скачка, соответствующего нефизической ударной волне разрежения. Терминология автора не соответствует общепринятой. Само это явление хорошо известно вычислителям, его происхождение связано с тем, что численная диссипация некоторых разностных схем может обращаться в нуль в звуковых точках, то есть там, где становится нулевым одно из собственных значений матрицы Якоби вектора потоков. В автореферате не поясняется, появляются ли в рассматриваемых случаях скачки по той же причине.
- из автореферата остается неясным, чем была вызвана необходимость использования метода расщепления при решении уравнения с источниковым членом, чем это лучше схемы без дробных шагов.
- заметным недостатком диссертации является то, что предметом рассмотрения в ней являются только скалярные законы сохранения и никак не затронут намного более интересный и важный для практики случай систем законов сохранения.

2. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н. Чубаровым Л.Б., главным научным сотрудником лаборатории анализа и оптимизации нелинейных систем Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий. Отзыв положительный, содержит замечания:

- недостаточно конкретно сформулированы цель исследования и значимость полученных результатов
- было бы полезно провести не только качественные (графические) представления результатов сравнения численных результатов с точными решениями, но и соответствующие количественные оценки. Хорошо было бы также продемонстрировать качества разработанных алгоритмов на решении задач более близких к реальности, чем решенная диссертантом модельная тестовая задача с известным точным решением. Очень хорошо было бы сравниться и с экспериментальными данными.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью в области вычислительных методов, наличием публикаций в указанной сфере исследования и способностью определить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые модификации схемы CABARET, обеспечивающие: повышенную точность на локальных экстремумах рассчитываемых решений; монотонность по Годунову при расчёте скалярного закона сохранения с выпуклым потоком; выполнение разностного аналога энтропийного неравенства, что гарантирует отбор устойчивых ударных волн;

предложен метод расщепления по физическим процессам для схемы CABARET, аппроксимирующей задачу Коши для неоднородного скалярного закона сохранения с выпуклой и монотонно возрастающей функцией потока;

доказаны теоремы о монотонности модифицированной схемы CABARET при аппроксимации квазилинейного скалярного закона сохранения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы дифференциальных уравнений, функционального анализа, теории разностных схем сквозного счёта;

изучены свойства стандартных схем CABARET;

раскрыты недостатки стандартных схем CABARET и **проведена модернизация** этих схем;

изложены все этапы построения вычислительных алгоритмов, результаты численных экспериментов, демонстрирующие преимущества модифицированных схем;

доказаны теоремы о монотонности предложенной в диссертации модификации схемы CABARET при аппроксимации квазилинейного скалярного закона сохранения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны новые модификации схемы CABARET, улучшающие ее свойства;

определены перспективы практического использования разработанных схем при аппроксимации задачи Коши для скалярного закона сохранения с выпуклым потоком;

созданы вычислительные программы, включающие реализацию предложенных модификаций схемы CABARET;

представлены результаты численных экспериментов и сравнение с точными решениями рассматриваемых задач.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на строгих математических выводах и доказанных утверждениях, согласуется с результатами ранее опубликованных работ по теме диссертации;

идея базируется на анализе, обобщении и развитии мирового опыта создания вычислительных алгоритмов;

использованы сравнение результатов численных расчетов с данными предыдущих исследований и с точными решениями рассматриваемых задач;

установлено согласие результатов, полученных автором, с точными решениями исследуемых задач;

использованы современные методики сбора и обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии в обсуждении постановок задач и выборе методов их решения, в разработке численных алгоритмов, составлении и отладке компьютерных программ, проведении и анализе вычислительных экспериментов, апробации результатов исследования, подготовке публикаций по выполненной диссертационной работе.

На заседании 7 апреля 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Хандеевой Н.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.01.07 — вычислительная математика, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель диссертационного совета Д 003.061.01

доктор физико-математических наук,

член-корреспондент РАН

профессор

Михайлов Геннадий Алексеевич

Ученый секретарь диссертационного совета Д 003.061.01

доктор физико-математических наук,

доцент

Рогазинский Сергей Валентинович

7 апреля 2021 года