

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.073.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР «ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24 мая 2018 г. № 8

О присуждении Rogozinu Olegu Anatolyevichu, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численный и асимптотический анализ некоторых классических задач молекулярной газодинамики» по специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы» — принята к защите 12 февраля 2018 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом Д 002.073.03, созданным на базе ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и Управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН), находящегося по адресу: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, к. 2. Диссертационный совет утвержден приказом Минобрнауки РФ № 784/нк от 24 июня 2016 г.

Соискатель Rogozin Oleg Anatolyevich, 1987 года рождения, в 2011 г. окончил ФГФОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (МФТИ) по специальности «прикладные математика и физика», а в 2014 г. очную аспирантуру МФТИ по специальности 05.13.18 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». С 01.01.2016 по 30.06.2016 был прикреплен в качестве экстерна для сдачи кандидатского экзамена по специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы» в ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ). С 2017 года работает младшим научным сотрудником в отделе № 24 ФИЦ ИУ РАН. Диссертация выполнена в отделе № 24 ФИЦ ИУ РАН.

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, профессор Черемисин Феликс Григорьевич, главный научный сотрудник отдела № 24 ФИЦ ИУ РАН.

Официальные оппоненты:

- 1) Кузнецов Михаил Михайлович, доктор физико-математических наук, доцент, ГОУ ВО МО «Московский государственный областной университет», кафедра теоретической физики, профессор;
- 2) Горелов Сергей Львович, доктор физико-математических наук, доцент, ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», отделение аэротермодинамики гиперзвуковых летательных аппаратов и ракетно-космической техники, ведущий научный сотрудник,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (МЭИ), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанным Крюковым Алексеем Павловичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры низких температур и Ястребовым Арсением Константиновичем, кандидатом технических наук, доцентом кафедры низких температур, указала, что диссертационная работа Рогозина О.А. представляет собой заверченный научно-исследовательский труд, выполненный на актуальную тему, полностью соответствует паспорту специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы» и отвечает всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842) ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК опубликовано 5 работ. Следующие работы посвящены

разработке программного комплекса для численного решения кинетического уравнения Больцмана на многопроцессорных системах:

1. Anikin Y. A., Derbakova E. P., Dodulad O. I., Kloss Y. Y., Martynov D. V., Rogozin O. A., Shuvalov P. V., Tcheremissine F. G. Computing of gas flows in micro- and nanoscale channels on the base of the Boltzmann kinetic equation // *Procedia Comput. Sci.* — 2010. — Vol. 1, № 1. — P. 735–744.
2. Додулад О. И., Клосс Ю. Ю., Мартынов Д. В., Рогозин О. А., Рябченков В. В., Черемисин Ф. Г., Шувалов П. В. Проблемно-моделирующая среда для расчётов и анализа газокинетических процессов // *Нано- и микросистемная техника.* — 2011. — № 2. — С. 12–17.

В совместных работах личный вклад соискателя заключается в реализации отдельных алгоритмов и проведении численных расчетов. В следующей работе разработан программный комплекс для численного решения уравнений Когана — Галкина — Фридлендера (КГФ), который применяется для анализа широкого спектра медленных неизотермических течений:

3. Rogozin O. Computer simulation of slightly rarefied gas flows driven by significant temperature variations and their continuum limit // *Theor. Comput. Fluid Dyn.* — 2014. — Vol. 28, № 6. — P. 573–587.

В приведенных далее работах по теме диссертации развивается консервативный проекционно-интерполяционный метод дискретных скоростей (КПИМДС) для неравномерных сеток в пространстве скоростей. Этот численный метод, наряду с асимптотическими методами, применяется для задачи Куэтта и медленных течений слаборазреженного газа:

4. Rogozin O. Numerical analysis of the nonlinear plane Couette-flow problem of a rarefied gas for hard-sphere molecules // *Eur. J. Mech. B/Fluids.* — 2016. — Vol. 60. — P. 148–163.
5. Рогозин О. А. Медленные неизотермические течения: численный и асимптотический анализ уравнения Больцмана // *Ж. вычисл. матем. и матем. физ.* — 2017. — Т. 57, № 7. — С. 1205–1229.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На автореферат поступило 2 положительных отзыва:

1. От профессора кафедры гидроаэромеханики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного университета», доктора физико-математических наук, доцента, Кустовой Елены Владимировны. В отзыве отмечается широкий кругозор соискателя и подробный обзор литературы по теме работы, подчеркивается, что исследование выполнено на высоком теоретическом уровне, что позволяет надеяться на возрождение в России знаменитых школ динамики разреженного газа, созданных М. Н. Коганом и С. В. Валландером в середине прошлого века. В качестве замечаний обсуждается целесообразность достигнутой в работе точности транспортных коэффициентов, при том что взаимодействие частиц описывается моделью твердых сфер.

2. От ведущего научного сотрудника лаборатории вычислительной аэромеханики ФГБУН «Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича» СО РАН, доктора физико-математических наук, Малкова Евгения Александровича. В отзыве отмечается, что диссертационная работа О.А. Рогозина посвящена развитию КПИМДС и его верификации в широком диапазоне неравновесности, представляется актуальной, а её высокий научный уровень не вызывает сомнений. Автореферат диссертации написан ясным языком, свидетельствующим о глубоком понимании соискателем изучаемых проблем. Содержание трех глав диссертации изложено с достаточной полнотой. В результате проведенного анализа решений классических задач, полученных КПИМДС, автором выработаны конкретные рекомендации, которые должны быть учтены при выборе математической модели и вычислительного метода для практических расчетов течений разреженного газа. В качестве замечаний отмечается, что в автореферате соискатель не касается программной реализации описанных математических алгоритмов, не описывает модель вычислений —

последовательный или параллельный код, не приводит оценки производительности разработанных автором программ.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что сотрудники кафедры низких температур МЭИ являются признанными специалистами по кинетической теории. Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой компетентностью в области моделирования неравновесных процессов и методах численного анализа. Официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют публикации по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработана методология численного и асимптотического анализа течений разреженного газа, позволяющая с высокой точностью описывать существенно неравновесные кинетические процессы, сохраняя при этом вычислительную эффективность; для достижения этой цели предложено использовать: а) обобщение КПИМДС на случай существенно неравномерных сеток в пространстве скоростей, б) асимптотические разложения и вытекающие из них граничные условия, учитывающие члены второго порядка малости по числу Кнудсена; на основе непосредственного решения некоторого круга известных задач и тщательного сравнения полученных результатов доказана перспективность новой методологии для расчета практических течений разреженного газа;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих численных и асимптотических методов исследования, широкий спектр современных компьютерных технологий и программных комплексов; выявлен ряд проблем и вычислительных трудностей, возникающих при обобщении КПИМДС на неравномерные сетки; в широком диапазоне чисел Маха и Кнудсена изучены тепловые потоки и анизотропия тензора давлений в классической задаче Куэтта; в существенно нелинейном режиме изучены конвекционные потоки, возникающие под действием температурных напряжений вокруг равномерно нагретых тел в отсутствие внешних сил, а также

структура сил, действующих со стороны газа на эти тела; на примере течения разреженного газа между равномерно нагретыми эллиптическими цилиндрами изучена смена режимов течения, обусловленная возрастанием вклада поверхностных сил по сравнению с объемными.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что предложенные методы и алгоритмы разработаны и внедрены в программном коде для многопроцессорных сред; определены перспективы дальнейшего развития численных методов решения уравнения Больцмана, основанных на концепции КПИДМС; представлены методические рекомендации для моделирования медленных неизотермических течений разреженного газа; представлено эталонное решение задачи Куэтта для молекулярной модели твердых сфер, которое может служить основой для верификации других численных методов решения уравнения Больцмана.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующие обстоятельства: показана сходимость численных решений уравнения Больцмана к соответствующим численным решениям уравнений гидродинамического типа при малых числах Кнудсена, а также к представленным в литературе решениям линеаризованного уравнения Больцмана при малых числах Маха; приведено сравнение полученных соискателем решений с численными результатами прямого статистического моделирования; проведен анализ сходимости решений на разностных сетках различной детализации.

Личный вклад соискателя состоит в разработке отдельных модулей программного комплекса анализа газокINETических процессов; непосредственном развитии предложенной методологии; получении, обработке и интерпретации всех численных решений, представленных в диссертации; подготовке публикаций по выполненной работе.

На заседании 24 мая 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Рогозину О.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы», из 31 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за — 22, против — 1, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель

диссертационного совета Д 002.073.03

академик РАН,

д.ф.-м.н., профессор



Ю.Г. Евтушенко

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.073.03

д.ф.-м.н.

С.И. Безродных

«25» мая 2018 г.