

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.14

Соискатель: Хатунцева Ольга Николаевна

Тема диссертации: Развитие методов расширения фазового пространства для описания нелинейных процессов и систем в задачах механики сплошных сред и аэродинамики.

Специальность: 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 6 марта 2020 года, протокол №2, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Хатунцевой Ольге Николаевне ученую степень доктора физико-математических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета Красильников П.С., заместитель председателя диссертационного совета Холостова О.В., ученый секретарь диссертационного совета Гидаспов В.Ю., а также члены диссертационного совета:* Бардин Б.С., Бишаев А.М., Буров А.А., Колесник С.А., Косенко И.И., Котельников В.А., Котельников М.В., Ревизников Д.Л., Рябов П.Е., Формалев В.Ф., Ципенко А.В.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.125.14,
кандидат физико-математических наук, доцент



В.Ю. Гидаспов

Начальник отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина



6 марта 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.14,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 6.03.2020 № 2

О присуждении Хатунцевой Ольге Николаевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Развитие методов расширения фазового пространства для описания нелинейных процессов и систем в задачах механики сплошных сред и аэродинамики», выполненная в публичном акционерном обществе «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва», представленная к защите по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы», принята к защите 4.12.2019 г., протокол № 16, с уточнениями 17.01.2020 г., протокол №1, диссертационным советом Д 212.125.14, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4, приказ Минобрнауки РФ о создании совета - № 714/НК от 02.11.2012.

Соискатель Хатунцева Ольга Николаевна, 1968 года рождения, в 1991 году окончила федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Прикладная математика и физика» с присуждением квалификации «инженер-физик» (диплом УВ № 486099 от 30 июня 1991 года). Завершив обучение в очной аспирантуре на базе федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» в 1994 году, она защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» на тему «Математическая модель процесса коагуляции в дисперсных средах в условиях микрогравитации» в диссертационном совете на базе федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (диплом КТ № 007554 от 12 мая 1995 года). В настоящее время Хатунцева О.Н. работает ученым секретарем публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» (ПАО «РКК «Энергия»).

Диссертация выполнялась в Центре расчетно-теоретического обеспечения и в Экспортно-аналитическом подразделении публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» (ПАО «РКК «Энергия»).

Официальные оппоненты:

1. Липатов Игорь Иванович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, член корреспондент РАН, начальник отдела государственного научного

центра федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского».

2. Жмур Владимир Владимирович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, член корреспондент РАН, начальник Управления конкурсных проектов по наукам о Земле и естественнонаучным методам исследований в гуманитарных науках федерального государственного бюджетного учреждения «Российский фонд фундаментальных исследований».
3. Павловский Валерий Алексеевич гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры «Теплофизические основы судовой энергетики» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет».

Все оппоненты дали положительное заключение о диссертации.

Ведущая организация - федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29) представила положительный отзыв, который подписан заведующим кафедрой высшей математики института Прикладной математики и механики Санкт-Петербургского государственного Политехнического университета Петра Великого, доктором технических наук, доцентом Антоновым Валерием Ивановичем; профессором кафедры высшей математики института Прикладной математики и механики Санкт-Петербургского государственного Политехнического университета Петра Великого, доктором технических наук Васильевым Александром Николаевичем; профессором кафедры высшей математики института

Прикладной математики и механики Санкт-Петербургского государственного Политехнического университета Петра Великого, доктором технических наук Тарховым Дмитрием Альбертовичем; профессором кафедры высшей математики института Прикладной математики и механики Санкт-Петербургского государственного Политехнического университета Петра Великого, доктором физико-математических наук, профессором Халидовым Искандером Анасовичем и утвержден проректором по научной работе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», доктором технических наук, профессором, членом-корреспондентом РАН Сергеевым Виталием Владимировичем. В отзыве ведущей организации указано, что диссертация Хатунцевой О.Н. «Развитие методов расширения фазового пространства для описания нелинейных процессов и систем в задачах механики сплошных сред и аэродинамики» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную актуальной научной проблеме, выполнена на высоком научном уровне, содержит важное научное исследование, посвященное разработке новых методов описания нелинейных гидро- и газодинамических, аэродинамических процессов и систем, обладающих неоднозначностью и/или неопределенностью. Полученные результаты расширяют область теоретического и практического использования решений задач гидро- и газодинамики, аэродинамики и механики. Диссертация Хатунцевой О.Н. «Развитие методов расширения фазового пространства для описания нелинейных процессов и систем в задачах механики сплошных сред и аэродинамики» полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Хатунцева Ольга Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Замечания по диссертации:

1. Большинство природных фрактальных объектов имеют неидеальную структуру с математической точки зрения. Желательно указать, как можно учитывать эту «неидеальность» при описании протекающих в них процессов.
2. В четвертой главе упоминается о возможности реализации гистерезисов «смешанного» типа. Было бы полезно, более подробно описать, при каких режимах возможна их реализация, и наметить пути к построению математических моделей соответствующих процессов.
3. В работе получено множество очень интересных аналитических результатов, но относительно немного примеров их применения в конкретных физических или технических задачах (например, для заданных граничных условий или определенных геометрических форм). Желательно было бы рассмотреть больше прикладных задач, доведенных до численных расчетов.
4. В некоторых разделах работы, в частности, в задачах, связанных с фракталами, не хватает иллюстративного материала, который делает изложение более наглядным, и позволяет лучше проиллюстрировать полученные аналитические соотношения.

Диссертационная работа обсуждена и одобрена на заседании кафедры высшей математики института Прикладной математики и механики Санкт-Петербургского государственного Политехнического университета Петра Великого, по результатам которого был утвержден отзыв (Протокол №2 от 25.12.2019)

Соискатель имеет более 70 публикаций по теме диссертации, из которых 15 публикаций из Перечня ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в том числе 5 - в журналах, реферируемых в международных базах Web of Science и Scopus.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Хатунцева О.Н. Описание динамики марковских процессов в расширенном пространстве переменных. Журнал “Ученые записки ЦАГИ” №1 2011 г., с. 62-85.

англ. пер.: Khatuntseva O.N. Description of Markovian process dynamics in an extended space of variables // Pages 83-108 DOI: 10.1615/TsAGISciJ.v42.i1.60.

2. Хатунцева О.Н. Анализ причин возникновения аэродинамического гистерезиса при летных испытаниях СА “Союз” на гиперзвуковом участке спуска. “Сибирский журнал прикладной механики и технической физики” Т.52, N4, 2011 с. 52-62.

англ. пер.: Khatuntseva O. N. Analysis of the reasons for an aerodynamic hysteresis in flight tests of the Soyuz reentry capsule at the hypersonic segment of its descent Journal of Applied Mechanics and Technical Physics Volume 52, Number 4, 544-552, DOI: 10.1134/S0021894411040067.

3. Хатунцева О.Н. Классификация гистерезисных функций. Теоретические модели и методы описания. Электронный журнал “Физико-химическая кинетика в газовой динамике”. www.chemphys.edu.ru/pdf/2012-02-29-001.pdf 1.

4. Хатунцева О.Н. Особенности описания физических процессов во фрактальных системах. “Сибирский журнал вычислительной математики” Т13, N1, 2010 г., стр.101-109.

англ. пер.: Khatuntseva O.N. Specific features of the description of physical processes in fractal spaces Numerical Analysis and Applications. 2010, Volume 3, Issue 1, pp 82-89.

5. Хатунцева О.Н. Теоретическое определение размерности односвязных фрактальных объектов в задачах образования вязких “пальцев” и росте дендритов. М., “Сибирский журнал вычислительной математики” N2, 2009 г. стр.231-241.

англ. пер.: Khatuntseva O.N. Theoretical determination of the dimension of simply connected fractal objects in problems of formation of viscous “fingers” and

growth of dendrites. "Numerical Analysis and Applications", Volume 2, Issue 2 , 2009 pp 187-195 p.

6. Хатунцева О.Н. Операторный подход к описанию разрывных функций. Методы моделирования диссипативных и гистерезисных явлений. М., журнал «Математическое моделирование» N8, 2005 с.111-120.

7. Хатунцева О.Н. Метод математического моделирования функций в областях скачкообразных изменений параметров. – //Аэродинамика/ Под ред. Р.Н. Мирошина. – СПб.: "ВВМ". 2004 – 287 с.

8. Хатунцева О.Н. Теоретический подход к построению возможных гистерезисных кривых в различных областях физики, в частности, в аэродинамике. - Космонавтика и ракетостроение, 2002, N (2) 27 с.57-66.

9. Хатунцева О.Н. Аналитический метод определения профиля скорости турбулентного течения жидкости в плоской задаче Куэтта // Труды МАИ. 2019. № 104. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=102091>

10. Хатунцева О.Н. О влиянии учета изменения плотности вероятности случайных величин на динамику стохастического процесса. Электронный журнал "Физико-химическая кинетика в газовой динамике". www.chemphys.edu.ru/pdf/2012-11-20-010.pdf

11. Дядькин А.А., Хатунцева О.Н. Метод определения характера колебательного движения летательного аппарата на основе анализа коэффициентов аэродинамических производных демпфирования. Теплофизика и аэродинамика. 2014 г. Т.21, №5, стр. 607-616.

англ. пер.: Dyadkin A.A., Khatuntseva O.N. Method determining the nature of oscillating motion of the aircraft based on the analysis of coefficients of aerodynamic damping derivatives. Thermophysics and Aeromechanics, 2014, Vol. 21, No. 5, p. 607-616.

12. Хатунцева О.Н. О возможности оценки энергетических затрат, обусловленных гистерезисным видом зависимостей аэродинамических характеристик, при совершении колебательных движений летательными аппаратами. Известия РАН. Энергетика. 2014 г., №5, стр.111-121.

13. Хатунцева О.Н. Метод описания процессов теплопроводности во фрактальных системах с использованием масштабной переменной. “Сибирский журнал вычислительной математики” Т18, N1, 2015 г., стр.95-105.

англ. пер.: Khatuntseva O.N. Method for Description of Heat Transfer Processes in Fractal Systems Using Scale Variable. Numerical Analysis and Applications.

14. Хатунцева О.Н. О природе детерминированного хаоса в математике // Журнал естественных и технических наук. 2017, № 11, стр. 255-258.

15. Хатунцева О.Н. об учете влияния стохастических возмущений на решения уравнений Навье-Стокса в задаче Хагена-Пуазейля // Труды МАИ. 2018. № 100. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=93311>

16. Хатунцева О.Н. О нахождении критического числа Рейнольдса ламинарно-турбулентного перехода в задаче Хагена-Пуазейля // Труды МАИ. 2018. № 101. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=96567>

17. Хатунцева О.Н. О механизме возникновения в стохастических процессах гауссовских распределений случайной величины с «тяжелыми» степенными «хвостами» // Труды МАИ. 2018. № 102. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=98854>

18. Хатунцева О.Н. Аналитический метод определения профиля скорости турбулентного течения жидкости в плоской задаче Пуазейля // Труды МАИ. 2019. № 106. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=105673>

Работы, опубликованные в журналах из списка ВАК: [1-2] [4-6], [8-9], [11-13], [15-18]. Переводные работы, входящие в международные базы данных Web of Science и Scopus [2], [4-5], [11], [13].

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию официального оппонента Липатова Игоря Ивановича, заверенный ученым секретарем специализированного совета ФГУП ЦАГИ д.т.н, профессором Крицким Б.С. Отзыв положительный, содержит замечания:

1. В диссертации было бы полезно рассмотреть класс задач, относящихся к гидро- газодинамическим процессам, протекающим во фрактальных структурах.
2. В практической аэродинамике встречаются случаи более сложных гистерезисных явлений, например, возникновение множественного гистерезиса при обтекании крыла с относительно малым удлинением, открытого в работах Ю.А. Рыжова и Г.И. Столярова. Как оказалось, в основе явления лежит возникновение соответствующих вихревых отрывных структур и неоднозначности (не двух решений, а четырех или пяти). Возникает вопрос о возможности распространения результатов автора на описание таких явлений.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Жмура Владимира Владимировича, заверенный заместителем директора РФФИ Семашко В.В. Отзыв положительный, содержит замечания:

1. Теоретические вопросы, затронутые в диссертации, имеют много практических приложений. Желательно было бы более широко отразить области применения разработанных методов.
2. В работах автора затрагиваются проблемы, связанные с возможностью описания турбулентности на основе методов расширения фазового пространства, предложенных в диссертации. Желательно было бы более глубоко отразить эти вопросы в самой диссертации.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Павловского Валерия Алексеевича, заверенный ученым секретарем Ученого совета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» Фрумен А.И. Отзыв положительный, содержит замечания:

1. Подходы к решению уравнений Навье-Стокса, записанных в расширенном фазовом пространстве, в работах автора представлены применительно к несжимаемой жидкости. Однако для задач аэродинамики важен учет сжимаемости, что оказалось вне поля интересов диссертанта.
2. Для уравнения Навье-Стокса выполнено расширение фазового пространства за счет введения в рассмотрение энтропии. Это привело в выражении для полной производной по времени дополнительного слагаемого. Однако изменения вязкостного слагаемого не произошло, связь между тензорами напряжений и скоростей деформации, присущая линейно-вязкой ньютоновской жидкости, не изменилась. Но затраты энергии потока на производство энтропии может привести к изменению кинетической энергии потока и изменению реологического соотношения вязкой жидкости.
3. На некоторых графиках нет разметки шкал физических величин по осям, в частности это касается рисунков 3,4 стр. 67,68, что затрудняет восприятие соответствующего фрагмента текста работы.
4. По всему тексту работы не даются размерности фигурирующих в ней физических величин и появляющихся в ходе исследования коэффициентов при них.

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов. Все поступившие отзывы положительны. В поступивших отзывах отмечается актуальность диссертационного исследования, проводится краткий анализ содержания

работы, отмечается ее новизна, достоверность полученных результатов, их практическая и теоретическая значимость.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН). Отзыв подписан: научный руководитель ИКИ РАН, академик РАН, профессор, доктор физико-математических наук Зеленый Лев Матвеевич, и заверен: ученый секретарь ИКИ РАН Садовский А.М. Отзыв положительный, в отзыве представлены замечания:

1. Работы автора обсуждались на многочисленных конференциях и достаточно подробно освещены в публикациях автора, пятнадцать из которых в изданиях из «Перечня российских рецензируемых научных журналов» (ВАК) (пять переводных работ, входящие в международные базы данных Web of Science и Scopus). Тем не менее, я не увидел в списке конференций, на которые О.Н. Хатунцева докладывала свои результаты – зарубежных (за исключением Украины). Научный уровень работ, представленных в диссертации, достаточно высок для того чтобы они могли быть представлены на самых престижных зарубежных мероприятиях и я рекомендовал соискательнице более активно относиться к этому вопросу.
2. Полезно было бы расширить класс рассматриваемых фрактальных объектов.
3. Желательно показать возможность использования метода описания процессов, протекающих во фрактальных пространствах, на примере других задач.
4. желательно на примере одной из задач провести более детальное методическое сравнение преимуществ и недостатков методов расширения фазового пространства и метода дробного дифференцирования.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН). Отзыв подписан: старший научный сотрудник ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, кандидат физико-математических наук Бондарев Александр Евгеньевич, и заверен: ученый секретарь ИПМ им. М.В. Келдыша РАН Маслов А.И. Отзыв положительный, в отзыве представлена рекомендация расширить исследование стохастических процессов на примере других гидродинамических задач.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова». Отзыв подписан: профессор кафедры «Механика деформируемого твердого тела», доктор физико-математических наук (специальность - 01.02.05) Маламанов Степан Юрьевич, и заверен ученый секретарь БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова Охочинским М.Н. Отзыв положительный, в отзыве представлены замечания:

1. Текст сильно «перегружен» техническими деталями.
2. Аналитический метод, использованный в работе, выглядит солидно, однако для таких сложных задач аналитики явно недостаточно.
3. Рисунки 4-6 на стр. 34, иллюстрирующие сравнение теоретических выводов с данными летных испытаний плохо «читаются», видно лишь качественное поведение кривых.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП ЦАГИ). Отзыв подписан: ведущий научный сотрудник ФГУП ЦАГИ, доктор физико-математических наук Петров Александр Сергеевич, и заверен: ученый секретарь диссертационного совета Д 403.004.01 доктор физико-математических наук Брутян Мурад Абрамович. Отзыв положительный, в отзыве представлена рекомендация расширить класс рассматриваемых задач,

относящихся к исследованию гистерезисных явлений «смешанного» типа, являющегося суперпозицией гистерезисов первого и второго типов.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук» (ОИВТ РАН). Отзыв подписан: старший научный сотрудник лаборатории ударно-волнового воздействия Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук», кандидат физико-математических наук Конюхов Андрей Викторович, и заверен: ученый секретарь ОИВТ РАН доктор физико-математических наук Амиров Равиль Хабибулович. Отзыв положительный, в отзыве представлена рекомендация рассмотреть влияние других режимов полета летательного аппарата на возникновение аэродинамического гистерезиса.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв подписан: старший научный сотрудник Института теоретической и прикладной механики, доктор физико-математических наук Коротаяева Татьяна Александровна и заверен: ученый секретарь Института теоретической и прикладной механики кандидат физико-математических наук Кратова Юлия Владимировна. Отзыв положительный, в отзыве представлена рекомендация рассмотреть влияние граничных условий при решении задач в пространствах с фрактальной геометрией.

Научно исследовательский институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова (Института механики МГУ). Отзыв подписан: старший научный сотрудник Института механики МГУ, кандидат физико-математических наук Пивоваров Дмитрий Евгеньевич и заверен: ученый

секретарь Института механики МГУ Рязанцева М.Ю. Отзыв положительный, в отзыве представлена рекомендация рассмотреть не только аэродинамические гистерезисы, но и гистерезисные явления, возникающие в гидродинамике.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли наук, к которой относится диссертационная работа Хатунцевой Ольги Николаевны, что подтверждается наличием у них многочисленных публикаций по теме диссертации в рецензируемых изданиях за последние 5 лет.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных лично соискателем исследований:

- *обоснована* возможность использования метода расширения фазового пространства при исследовании нелинейных процессов и систем в задачах механики сплошных сред и аэродинамики, обладающих свойством неоднозначности и/или неопределенности;
- *разработаны* методы, позволяющие описывать: процессы, претерпевающие скачкообразные переходы; физические процессы, протекающие в односвязных фрактальных структурах; стохастические процессы с учетом изменения энтропии в стохастической системе; аэродинамические гистерезисные явления;
- *определены* границы использования разработанных методов;
- *показано*, что разработанные методы могут служить основой для алгоритмов решения следующих задач механики:
 - описания процессов, протекающих в односвязных фрактальных структурах, с помощью дифференциальных уравнений с учетом масштабного фактора, таких как, например, перколяция, массо- и теплоперенос во многих природных и техногенных объектах, имеющих сложную и, в некотором смысле, самоподобную на разных масштабах

структуру. Такими объектами могут быть развитая система пор в грунте, трещины в металле, композитные материалы, используемые в качестве теплозащиты в аэрокосмической технике и пр.;

- описания стохастических процессов с помощью дифференциальных уравнений с учетом дополнительной переменной, характеризующей плотность вероятности реализации случайной величины;

- определения разности значений аэродинамических характеристик на двух ветвях гистерезисной функции в случае реализации гистерезиса первого типа при совершении летательным аппаратом гармонических колебаний;

- определения затрачиваемой или выделяемой энергии при переходе между двумя стационарными состояниями, характеристикой которых являются функциональные зависимости на ветвях гистерезисной кривой второго типа при совершении летательным аппаратом гармонических колебаний;

- *представлены* результаты аналитических исследований в задачах механики и аэродинамики, показывающие эффективность использования разработанных методов;
- *получены* результаты, показывающие, что при исследовании нелинейных процессов и систем, обладающих свойством неоднозначности и/или неопределенности, расширение фазового пространства позволяет не только упростить подходы к их рассмотрению, но и зачастую выявить новые физические закономерности. Например, при исследовании стохастических систем удается сделать вывод, что появление гауссовских распределений с «тяжелыми» степенными хвостами можно считать следствием возникновения в системе скрытых факторов, влияющих на динамику плотности вероятности в случае, когда реализация случайной величины исследуемого процесса влечет за собой изменение плотности вероятности.

- *сформулированы* положения, доказывающие, что в некоторых нелинейных процессах и системах, обладающих свойством неоднозначности и/или неопределенности, важную роль играют «скрытые» факторы. В таких задачах использование метода расширения фазового пространства является не только удобным, но и необходимым.

Теоретическая значимость работы: заключается в едином методологическом подходе, основанном на расширении фазового пространства переменных, к решению задач механики сплошных и аэродинамики, связанных с исследованием динамических систем, обладающих неединственностью и/или неопределенностью при реализации различных состояний. С помощью этого подхода разработаны:

- метод описания процессов, претерпевающих скачкообразные переходы в областях, где описывающие их функции скачком изменяют свои значения и/или значения своих производных. В этих областях функции могут вести себя случайным образом, не меняя, однако, свои значения и значения своих производных на границах областей. Метод позволяет решать задачу поиска соотношений, связывающих значения функций и их производных на границах областей скачкообразного изменения параметров с размерами и положением этих областей;
- метод теоретического определения размерности односвязных фрактальных объектов двух типов - структур с вязкими «пальцами» и дендритов - на основе подхода, разработанного для описания процессов, претерпевающих скачкообразные переходы;
- метод описания физических процессов, протекающих в односвязных фрактальных структурах с помощью дифференциальных уравнений с учетом масштабного фактора. Метод основан на расширении фазового пространства, используемого при описании аналогичных процессов в целочисленном - евклидовом пространстве с помощью дополнительной

переменной, характеризующей масштаб рассматриваемой области фрактального пространства;

- метод описания стохастических процессов с помощью дифференциальных уравнений с учетом дополнительной переменной, характеризующей плотность вероятности реализации случайной величины, без традиционного в таких случаях использования стохастических дифференциальных уравнений;
- классификация гистерезисных явлений и замкнутые расчетно-теоретические модели описания гистерезисных функций двух типов.

Достоверность результатов подтверждена сравнением с численными и физическими экспериментами. В частности, проверка возможности определения разности значений на двух ветвях гистерезисной функции первого типа (в представленной соискателем классификации) проведена сравнением с данными, полученными в результате летных динамических испытаний модели спускаемого аппарата «Союз», проведенными НПО «Энергия» (ныне ПАО «РКК «Энергия»).

Личный вклад: результаты диссертационной работы получены автором лично.

Диссертационная работа Хатунцевой О.Н. полностью удовлетворяет пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года «О порядке присуждения ученых степеней», представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, вносящее существенный вклад в области механики жидкости, газа и плазмы, где решена крупная научная проблема описания нелинейных процессов и систем, обладающих свойством неоднозначности и/или неопределенности на основе метода расширения фазового пространства.

На заседании 6 марта 2020 года протокол №2 диссертационный совет принял решение присудить Хатунцевой Ольге Николаевне ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы», участвовавших в заседании; из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за - 13, против - 0, недействительных бюллетеней - 1.

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.14,
доктор физико-математических наук,
профессор



Красильников
Павел Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.14,
кандидат физико-математических наук



Гидаспов Владимир
Юрьевич

6 марта 2020 г.

Начальник отдела удо МАИ

Т.А. Аникина

