

УТВЕРЖДАЮ

Проректор НИЯУ МИФИ

Н. И. Каргин

« 03 »

2023 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Диссертация Опрышко Ольги Владимировны «Численное моделирование придонных частей торнадо и тропического циклона в стационарном случае» выполнена на кафедре «Высшая и прикладная математика» филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» в г. Снежинске.

В период подготовки диссертации с 2015 г. по 2019 г. соискатель Опрышко Ольга Владимировна обучалась в очной аспирантуре филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» в г. Снежинске.

Соискатель в 2014 г. окончила «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по специальности 230101 «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» с присуждением квалификации «инженер».

В настоящее время О.В. Опрышко работает в федеральном государственном унитарном предприятии «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт

технической физики имени академика Е.И. Забабахина» в должности младшего научного сотрудника.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2023 г. Снежинским физико-техническим институтом – филиалом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (СФТИ НИЯУ МИФИ).

Научный руководитель – Крутова Ирина Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой «Высшая и прикладная математика» Снежинского физико-технического института – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (СФТИ НИЯУ МИФИ).

Тема диссертации утверждена на заседании учёного совета Снежинского физико-технического института – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (СФТИ НИЯУ МИФИ) «8» апреля 2019 г.

По итогам рассмотрения диссертации «Численное моделирование придонных частей торнадо и тропического циклона в стационарном случае» принято следующее заключение:

Актуальность темы и направленность исследования

Тема диссертации относится к современному и развивающемуся направлению научных исследований в области численного моделирования придонной части восходящих закрученных потоков, где сосредотачивается основная разрушительная сила торнадо. Актуальность работы обусловлена необходимостью понимания сути физических процессов, происходящих в восходящих закрученных потоках, необходимостью тщательного и глубокого изучения природы возникновения вихрей для раннего предупреждения и

эффективной борьбы с их разрушительными последствиями. При том, что подобное явление неоднократно встречается на территории России.

Таким образом, актуальной является задача разработки системы компьютерного и имитационного моделирования, которая позволяет проводить численное моделирование восходящих закрученных потоков, при формировании потока от Земли по известным данным натурных наблюдений на основе математического моделирования придонного течения газа для стационарного случая, повторяющих значения натурального эксперимента.

Научная новизна результатов исследования

В области математического моделирования: для модели Баутина в стационарном случае разработан метод математического моделирования газодинамических параметров потока для придонной части вихря. Представлено доказательство однозначной математической разрешимости модели Баутина для стационарного случая.

В области численных методов: разработан численный метод определения газодинамических параметров и кинетической энергии для восходящих закрученных потоков.

В области комплекса программ: разработан комплекс программ, позволяющий воспроизводить газодинамические параметры для стационарного придонного течения, повторяющие данные натурных наблюдений с последующим расчетом кинетической энергии потока для классов торнадо из расширенной таблицы Фудзиты при формировании торнадо от поверхности Земли.

Теоретическая и практическая значимость

Исследование дополняет теоретические результаты по вопросам однозначной математической разрешимости модели Баутина в стационарном случае. Полученные результаты развивают теорию возникновения вихрей от поверхности Земли.

Практическая значимость состоит в том, что полученные значения кинетической энергии торнадо позволяют определить, какую энергию нужно

затратить, чтобы разрушить поток; проведены вычислительные эксперименты, которые позволяют моделировать торнадо, повторяющие по газодинамическим характеристикам данные природных восходящих закрученных потоков. Результаты исследования обладают научной новизной, а также практической значимостью в плане решения производственных задач, стоящих перед ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина», о чем свидетельствует акт о внедрении.

*Степень достоверности результатов, проведенных соискателем
исследования*

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечиваются использованием хорошо известной и проверенной математической моделью – системой уравнений газовой динамики, применением классических математических методов для построения решений систем дифференциальных уравнений с частными производными, использованием эффективных численных методов для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Основные положения и результаты докладывались на международных и всероссийских конференциях.

Ценность научных работ соискателя ученой степени

Материалы по диссертационному исследованию полностью представлены в работах, опубликованных соискателем в 34 печатных изданиях, в том числе 5 работах, индексируемых MathSciNet, zbMATH, ВАК.

*Статьи, опубликованные в ведущих российских рецензируемых научных
журналах, рекомендованных ВАК*

1. Опрышко, О.В. Численное моделирование придонных частей торнадо в стационарном плоском случае / И.Ю. Крутова, О.В. Опрышко // *Вестник Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»*. – 2016. – Т. 5, № 6 – С. 550-557. (8 с. / 6 с.)

2. Баутин, С.П. О геометрических, скоростных и энергетических характеристиках придонных частей торнадо и тропических циклонов / С.П.

Баутин, И.Ю. Крутова, О.В. Опрышко // *Вестник Тюменского государственного университета, Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика.* – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 55-67. (13 с. / 5 с.)

3. Опрышко, О.В. Приближенный аналитический и численный расчет кинетической энергии специального потока / И.Ю. Крутова, О.В. Опрышко // *Вестник Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».* – 2018. – Т. 7, № 4. – С. 298-303. (6 с. / 4 с.)

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования

4. Опрышко, О.В. Расчёт параметров специальных трёхмерных стационарных потоков / О.В. Опрышко // *Математические структуры и моделирование.* – 2018. – №3(47). – С. 45-60. (MathSciNet, zbMATH)

5. Opryshko, O.V. Numerical simulation of near-bottom parts of a tornado and a tropical cyclone in a stationary case / O.V. Opryshko // *Journal of computational and engineering mathematics.* – 2023. – V. 10, № 3. – P. 30-43. (MathSciNet, zbMATH)

Препринт:

6. Опрышко, О.В. Расчет кинетической энергии течений в придонной части торнадо и тропического циклона / И.Ю. Крутова, О.В. Опрышко // *Препринт.* – Снежинск, СФТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – 45 с.

В других изданиях:

7. Опрышко, О. В. Моделирование придонных частей восходящих закрученных потоков в стационарном плоском случае / О. В. Опрышко // *Сборник материалов XIII Международной конференции "Забабахинские научные чтения".* Снежинск, 20-24 марта, 2017. – С. 329.

8. Крутова, И.Ю. Численное моделирование придонных частей торнадо в стационарном плоском случае (Numerical simulation of the bottom part of tornadoes and tropical cyclones in a stationary plane case) / И.Ю. Крутова, О.В. Опрышко // Журнал Пермского государственного национального исследовательского университета. – 2017. – Т.2 – С. 31 – 33. (4 с. / 3 с.)

9. Крутова, И. Ю. Аналитическое и численное моделирование течений в придонных частях торнадо и тропического циклона / И. Ю. Крутова, О. В. Опрышко // Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 60-летию Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН «Современные проблемы механики сплошных сред и физики взрыва». Новосибирск, 4-8 сентября 2017 г. – С. 148-149.

10. Опрышко, О.В. Расчёт газодинамических параметров и кинетической энергии специальных трёхмерных стационарных потоков в придонной части торнадо и тропического циклона / И. Ю. Крутова, О. В. Опрышко // Сборник материалов XIV Международной конференции "Забабахинские научные чтения". Снежинск, 11-15 марта, 2019. – С. 223.

11. Опрышко, О.В. Численное моделирование придонных частей торнадо и тропического циклона в стационарном случае / О. В. Опрышко // Сборник материалов XV Международной конференции "Забабахинские научные чтения". Снежинск, 27 сентября - 1 октября, 2021. – С. 206 – 207.

12. Опрышко, О.В. Численное моделирование придонных частей торнадо и тропического циклона в стационарном случае / О. В. Опрышко // Всероссийская конференция "Научная сессия НИЯУ МИФИ". Снежинск, 31 января - 3 февраля, 2023. – С. 12.

Свидетельства о регистрации программ:

13. Tornado, stationary case: Свидетельство № 2018613844 / Опрышко О.В. (RU), Крутова И.Ю. (RU); правообладатель ФГАОУ ВО «Национальный

исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ). – 2018611140; заявл. 07.02.2018; зарег. 23.03.2018, реестр программ для ЭВМ.

14. Tornado, calculation of zero coefficients of gas-dynamic parameters by the Runge-Kutta method: Свидетельство № 2018619944 / Опрышко О.В. (RU), Крутова И.Ю. (RU); правообладатель ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ). – 2018617589; заявл. 19.07.2018; зарег. 15.08.2018, реестр программ для ЭВМ.

15. Tornadoes, calculation of the first coefficients of gas-dynamic parameters by the Runge-Kutta method and the Euler method: Свидетельство № 2018660088 / Опрышко О.В. (RU), Крутова И.Ю. (RU); правообладатель ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ). – 2018617569; заявл. 19.07.2018; зарег. 16.08.2018, реестр программ для ЭВМ.

16. Tornado, kinetic energy: Свидетельство № 2018660087 / Опрышко О.В. (RU), Крутова И.Ю. (RU); правообладатель ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ). – 2018617563; заявл. 19.07.2018; зарег. 16.08.2018, реестр программ для ЭВМ.

17. Tornado, calculating the incoming radius: Свидетельство № 2018660024 / Опрышко О.В. (RU), Крутова И.Ю. (RU); правообладатель ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ). – 2018617587; заявл. 19.07.2018; зарег. 15.08.2018, реестр программ для ЭВМ.

18. Tornadoes, visualization: Свидетельство № 2018619601 / Опрышко О.В. (RU), Крутова И.Ю. (RU); правообладатель ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ). – 2018617555; заявл. 19.07.2018; зарег. 08.08.2018, реестр программ для ЭВМ.

*Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов,
изложенных в диссертации*

Соискатель самостоятельно разработала методы численного и математического моделирования для описанной модели, теоретические положения, методы, численные алгоритмы, выносимые на защиту. О.В. Опрышко был проведен анализ степени разработанности проблемы, разработаны и реализованы численные алгоритмы для моделирования придонной области потока и расчета кинетической энергии вихря. Разработана и реализована система компьютерного моделирования «Торнадо» для математической модели, в рамках которой моделируется течение газа в придонной области потока. Выполнена верификация разработанной системы компьютерного моделирования. Была проведена апробация научных результатов. Опубликованы работы по теме исследования. Оформлен текст диссертации. Из опубликованных работ, написанных в соавторстве, в текст диссертации вошли результаты, полученные соискателем лично. Они не затрагивают интересы соавторов в представленных публикациях. Научному руководителю И.Ю. Крутовой принадлежит общая постановка задачи исследования.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертационное исследование соответствует научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

В рамках разработки новых математических методов и алгоритмов валидации математических моделей объектов на основе данных натурального эксперимента или на основе анализа математических моделей (пункт 5): разработан математический метод моделирования газодинамических параметров потока для придонной части стационарного течения на основе математической модели Баутина по данным натурального эксперимента.

В рамках разработки систем компьютерного и имитационного моделирования, алгоритмов и методов имитационного моделирования на

основе анализа математических моделей (технические науки) (пункт б): разработана система компьютерного и имитационного моделирования на основе математической модели Баутина для построения приближенных решений стационарного придонного течения при формировании потока от поверхности Земли.

В рамках комплексных исследований научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента (пункт 8): проведено комплексное исследование построения газодинамических параметров придонной области восходящего закрученного потока для известных классов торнадо на основе математического и численного моделирования с применением вычислительного эксперимента.

Диссертационная работа Опрышко Ольги Владимировны «Численное моделирование придонных частей торнадо и тропического циклона в стационарном случае» соответствует требованиям, установленным п. 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней. Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалифицированную работу. Диссертация является законченным, самостоятельно выполненным научным исследованием, содержит в себе новые научные результаты по математическому моделированию, численным методам и комплексам программ. Рекомендуются к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Заключение было обсуждено и принято на расширенном заседании кафедры «Высшая и прикладная математика» Снежинского физико-технического института – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (СФТИ НИЯУ МИФИ).

ПРИСУТСТВОВАЛИ: Баутин С.П., д.ф.-м.н., профессор (председатель заседания); Крутова И.Ю., к.ф.-м.н., заведующий кафедрой «Высшая и прикладная математика»; Андреев Е.С., к.ф.-м.н., доцент; Шкодин Л.А., к.т.н., доцент; Новаковский Н.С., к.ф.-м.н., доцент; Паршуков И.Э., к.ф.-м.н., доцент; Левитская Е.А., к.т.н., доцент; Первушина Н.А., к.ф.-м.н., доцент; Глазырин И.В., к.ф.-м.н., доцент; Вазиев Э.М., к.ф.-м.н., доцент; Вазиева И.А., старший преподаватель; Казачинский А.О., старший преподаватель.

ПРИГЛАШЕННЫЕ: заведующий кафедрой «Автоматизированные информационные и вычислительные системы» Шульгин А.Н., к.т.н.; доцент кафедры «Автоматизированные информационные и вычислительные системы» Крушный В.В., к.т.н., доцент.

Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол № 8 от «03» марта 2023 года.

Баутин Сергей Петрович,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры «Высшая и прикладная математика»



Снежинский физико-технический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (СФТИ НИЯУ МИФИ).

456776, г. Снежинск, ул. Комсомольская, д.8

телефон: +7 (35146) 9-24-22


e-mail: sfti@mephi.ru, web-сайт: <https://www.sphti.ru/>

Руководитель СФТИ НИЯУ МИФИ



Линник О. В.

Подпись заверяю
начальник отдела по персоналу и безопасности



Проскурина А. С.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31

Телефон: +7 495 788 5699, +7 499 324 7777

e-mail: info@mephi.ru, web-сайт: <https://www.mephi.ru>