

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу
Опрышко Ольги Владимировны
«Численное моделирование придонных частей торнадо и тропического
циклона в стационарном случае»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности: 1.2.2. – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ**

1. Актуальность темы исследования

Не будет преувеличением сказать, что практически любое реальное течение жидкостей или газов является вихревым. Наличие вихрей чрезвычайно затрудняет теоретическое и экспериментальное исследование природных, технологических и технических процессов. Известно, что вихревые образования определяют погоду, климат на планетах Солнечной системы. Безусловно, наибольший интерес представляет математическое и физическое моделирование разномасштабных вихревых образований на планете Земля. Если говорить о самых известных и интригующих вихрях, то речь идет о торнадо, смерчах, циклонах, пылевых бурях и тому подобных природных артефактах.

Проблема генерации интенсивной закрутки в первоначально не вращающемся потоке является одной из классических и нерешенных проблем гидродинамической науки. Задача о ламинарном вихревом динамо впервые рассматривалась при анализе изотермического течения между твердыми и проницаемыми дисками, проведенном в рамках класса точных решений Кармана уравнений Навье-Стокса. Исследование течений Кармана в тонких слоях жидкости позволяет установить критические числа Прандтля, Грасгофа, Марангони, близких к бифуркационным значениям, когда происходит обмен устойчивостями между незакрученным режимом и состоянием с закруткой. Процесс такого перехода, в силу закона сохранения кинетического момента

относительно оси симметрии потока, предполагает нарушение симметрии течения (при «типичных» краевых условиях) и последующее возникновение нового осесимметричного стационарного решения. Изучение механизма генерации вертикальной завихренности при взаимодействии конвективного перемешивания и вертикального сдвига горизонтальной скорости может позволить в дальнейшем выйти на применение теоретических результатов для диагностики и прогноза интенсивных атмосферных вихрей.

Диссертационная работа Опрышко Ольга Владимировны посвящена математическому и численному моделированию придонной области восходящих закрученных потоков. Рассматривается принципиально новый подход, в рамках которого проведено описание течения газа в придонной части потока, основанный на натуральных наблюдениях и экспериментальных данных. Определены газодинамические параметры потока, повторяющие данные природных торнадо.

Рассматривается этап сформировавшегося вихря, который несет в себе разрушительную силу и определяется кинетическая энергия потока с силами давления. Актуальность темы исследования состоит в том, что восходящие закрученные потоки вызывают немалый интерес, но их достаточно сложно изучать в природе поскольку это явление довольно опасно для человека. В действительности численное моделирование (виртуальный эксперимент, цифровой двойник) различных областей торнадо является наиболее безопасным способом для исследования физических процессов, происходящих в вихре, которое позволяет приблизительно оценить силу потока при помощи математической модели, которая предполагает формирование вихря от поверхности Земли. Практическая значимость заключается в получении приближенного значения кинетической энергии торнадо, что позволяет определить какую энергию нужно затратить, чтобы воздействовать на поток; разработаны новые методы для построения течения газа в придонной части потока при формировании торнадо от поверхности Земли; вычислительные эксперименты, проведенные в рамках

диссертационного исследования позволяют моделировать придонную область потока, скоростные характеристики которых повторяют данные природных торнадо.

В диссертационном исследовании рассматривается математическая модель С.П. Баутина в стационарном случае. Описываются физические процессы, которые происходят в придонной области потока. Данная математическая модель описывает течение газа в придонной части потока. Отмечу, что оппоненту известно, что данное название математической модели было предложено соискателю ученой степени представителями научного сообщества, а не инициативой О.В. Опрышко. Научные результаты работы могут найти применение в теоретических исследованиях университетов или научно-исследовательских организациях.

2. Научная новизна результатов диссертационного исследования

В области математического моделирования: представлен разработанный математический метод определения газодинамических параметров потока для придонной области.

В области численных методов: Описан разработанный численный метод определения газодинамических параметров потока, основанный на математическом методе определения газодинамических параметров потока и дальнейшего расчета кинетической энергии в рамках математической модели.

В области комплексов программ: разработан комплекс программ, который позволяет проводить вычислительные эксперименты для стационарного придонного течения газа, повторяющее данные натурных наблюдений и определять кинетическую энергию вихря при формировании потока от поверхности Земли.

3. Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов диссертации

Обоснованность и достоверность результатов диссертационного исследования подтверждаются строгой постановкой задачи, строгими математическими доказательствами, согласованностью вычислительных

экспериментов и использованием методов математического и численного моделирования.

Описанные в диссертационной работе результаты были опубликованы в 34 научных работах, из которых: 5 – научные статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ; препринт; 2 – статьи в рецензируемых научных изданиях; 26 – в трудах конференций разного уровня; получено 6 свидетельств государственной регистрации программ для ЭВМ.

4. Общая оценка содержания работы

Диссертация О.В. Опрышко «Численное моделирование придонных частей торнадо и тропического циклона в стационарном случае» является логически законченным исследованием придонной области восходящего закрученного потока, где проведено математическое описание течения газа, представлено численное решение математических моделей и реализован комплекс программ. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и двух приложений. Объем работы составляет 136 страниц печатного текста, список литературы включает 117 наименований.

Во введении обосновывается актуальность, цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, основные результаты и положения, выносимые на защиту, апробация работы и публикации, методы исследования, личный вклад и степень разработанности темы, а также достоверность результатов.

В первой главе проводится постановка задачи исследования, доказываемая её однозначная математическая разрешимость, описывается математический метод определения коэффициентов газодинамических параметров потока, а также способ определения кинетической энергии торнадо в рамках математической модели С.П. Баутина. Описан разработанный алгоритм валидации математической модели для

моделирования течения газа в придонной части торнадо на основе данных натурального эксперимента.

Во второй главе описываются численные методы определения газодинамических параметров потока и вычисления кинетической энергии для известных классов торнадо. Разработанные алгоритмы численных методов были реализованы в виде системы компьютерного и имитационного моделирования, что позволяет имитировать восходящие закрученные потоки, повторяющие данные природных торнадо. Система компьютерного и имитационного моделирования состоит из нескольких подблоков, объединенных в единую программу.

В третьей главе диссертации моделируются вычислительные эксперименты для различных классов торнадо и тропического циклона средней интенсивности. Согласно вычислительному эксперименту, который имитирует натуральный эксперимент имеется хорошее согласие с данными натуральных наблюдений за торнадо. По рассчитанным газодинамическим параметрам потока определяется кинетическая энергия для всех классов торнадо из расширенной таблицы Фудзиты.

Заключение включает в себя итоги диссертационного исследования, указано соответствие полученных результатов специальности: 1.2.2. – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а также указаны дальнейшие перспективы разработки темы. Автореферат полно и ясно отражает структуру диссертации.

При ознакомлении с текстами диссертации и автореферата было обнаружено опечатки, которые не влияют на восприятие текста. Здесь они не приводятся. Список замеченных опечаток передан автору. Хотелось бы всё-таки привести ряд замечаний по тексту работы:

5. Основные вопросы и замечания по работе

1. Из текста диссертации следует, что автор исследует новый подход для описания придонных течений в циклонах и торнадо. Наверное, именно

этим обусловлено цитирование в основном классических монографий и статей?

2. Проводилась аналитическая или «машинная» оценка радиуса сходимости обобщенных степенных рядов?

3. Можно как-то оценить радиус окрестности существования аналитического решения?

4. Как оценивалась сходимость численных методов для решения поставленных задач?


Указанные замечания не снижают научной и практической значимости работы. Они во многом являются всегда дискуссионными, но оппонент обязан их озвучить.

6. Заключение о соответствии диссертационного исследования установленным положениям о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Опрышко Ольги Владимировны «Численное моделирование придонных частей торнадо и тропического циклона в стационарном случае» представляет собой завершённую научно квалифицированную работу, в которой решается актуальная научная задача. Полученные результаты соответствуют 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 (п. 5); в рамках разработки систем компьютерного и имитационного моделирования, алгоритмов и методов имитационного моделирования на основе анализа математических моделей (технические науки) (п. 6); в рамках комплексных исследований научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента (п. 8).

Диссертация Опрышко Ольги Владимировны «Численное моделирование придонных частей торнадо и тропического циклона в стационарном случае» соответствует пп.9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Опрышко Ольга Владимировна заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Профессор кафедры
информационных технологий и систем управления
Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РтФ
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Доктор физико-математических наук
(01.02.05 (1.1.9) – Механика жидкости, газа и плазмы)
Просвиряков Евгений Юрьевич



11.09.2023г

Почтовый адрес: 620002, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Номер телефона: +7(343) 375-48-78, +79826545223
E-mail: evgen_pros@mail.ru

Подпись Евгения Юрьевича Просвирякова заверяю:
ученый секретарь
ФГАОУ ВО
«УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

