

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Шаброва Сергея Александровича «**Математическое моделирование и качественные методы анализа граничных задач с производными по мере**», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности **05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Актуальность проблемы

На сегодняшний день вопросы математического моделирования особенно бурно развиваются по причине применения к таким задачам компьютерных программ с экономными алгоритмами по памяти и быстродействию. Постоянно растёт число объектов исследования как с позиций увеличения размерности, нелинейных составляющих в самом объекте и реализуются задачи, которые не имели даже приближённого решения. Но нельзя объять необъятного и, конечно, всегда остаются объекты, моделирование различных процессов в которых либо невозможно, либо не нашлось пока удобного формального описания процесса. Возникающие проблемы частично решаются с привлечением теории обобщённых функций. Здесь тоже появляются трудности, когда при классическом подходе задача становится неразрешимой (проблема умножения обобщённой функции на разрывную). Автор диссертации исследует вопросы математического моделирования деформаций систем, состоящих из струн, стержней, имеющих внутренние особенности, и помещённых в неоднородную среду с локальными особенностями. При решении возникающих уравнений применяется концепция поточечного подхода Ю.В. Покорного. Уравнения связывают определяемую функцию и её производные до необходимого порядка, что позволило применять к анализу модели качественные методы. С другой стороны появляется возможность в таком подходе установить актуальные свойства решений дифференциальных моделей: количество нулей, число экстремумов, число перемен знака, что очень важно для приложений, когда наблюдается слабая разрешимость краевых задач. Направление исследований, предложенных в диссертации, активно развивается. Автор в своих исследованиях и расчётах использует методику, предложенную в работах Ю.В. Покорного, где наряду с интегралом Стильтьеса предлагается рассмотрение производных Радона-Никодима. Это даёт основание утверждать, что научная проблема, сформулированная в диссертации, математическое моделирование и качественные методы анализа граничных задач с производными по мере, является **весьма актуальной**. Решение указанной проблемы даёт возможность использовать в качестве инструмента предложенные методы и результаты для исследования математических моделей, описывающих деформации одномерных объектов с внутренними особенностями и особенностями, возникающими из-за наличия дефектов у внешней среды. Диссертация выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, соглашение 14.574.21.0093 от 11.08.2014 г. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57414X0093.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автор выносит на защиту вопросы и решения, которые обсуждались и докладывались на международных научных конференциях, семинарах, на всероссийских форумах. Хотелось бы отметить, что перед нами сложившийся

учёный и свой труд он продолжил в рамках тематики исследований, проводимых в Воронежском государственном университете, начиная с 1998 года, как это указано в автореферате и диссертации по настоящее время. Завидная увлечённость и плодотворность. Нам представлены задачи и решения в такой последовательности: вариационное обоснование математических моделей, корректность полученных математических моделей, оценка и доказательство функции влияния, интегральная обратимость математических моделей, изучены особенности нелинейных математических моделей при моделировании нелинейных деформаций. Все эти задачи решались с помощью эффективных алгоритмов и численных методов, разработанных автором, а также комплексов программ, которые зарегистрированы и выдано два СВИДЕТЕЛЬСВА - №2012660327, №2012660330. Считаю, что результаты исследований Шаброва С.А. полностью обоснованы, а научные положения, выводы и рекомендации не оставляют сомнений в их значимости.

Достоверность и новизна

Получение достоверных результатов при математическом моделировании - задача трудоёмкая и довольно объёмная. Первая, и пожалуй основная трудность состоит в том, что модель построена, а её результаты сравнить нельзя, отсутствует эксперимент или он плохого качества. Возникает замкнутый круг: результаты моделирования есть, а верить им трудно, поскольку нет качественных экспериментальных данных. Вторая трудность возникает при компьютерном моделировании, когда сложные алгоритмы реализуются на приложениях и программном обеспечении стандартного уровня. Здесь никогда не добьёшься адекватности модели и эксперимента. Поэтому, очень правильно, и это мне понравилось в работе, что выполнена реализация математически корректных алгоритмов на собственном исходном программном коде. Автор подошёл к изучению проблемы с системной точки зрения. Задачи решаются не сразу, выясняются поэтапно различные факторы, позволяющие определить целесообразность расчёта по вновь созданным алгоритмам приближённого решения изученных математических моделей и комплексов программ. Алгоритмы реализованы в пакете символьной математики Maple и на языке высокого уровня Python. Кроме того, представлены результаты численных экспериментов тестовых задач и листинги программ. Имеются таблицы значений точного и приближённого решений и погрешности, полученные при проведении численных экспериментов. Эти таблицы представлены для всех исследуемых моделей (модели второго порядка, модели второго порядка с разрывными решениями, модели четвёртого порядка, разнопорядковые модели). Достоверность результатов обеспечена тестами, сравнением точного и приближённого решения, вычислением величины ошибки и её корректировки при необходимости. Отдельно хотелось бы остановиться на **научной новизне** предлагаемого исследования. Автор предлагает экономный вариант исследования математических моделей, формализованных в виде единого уравнения с производными Радона-Никодима. Это **новый подход** при анализе, где базовым объектом является единое уравнение с производными по мере, а численные методы и алгоритмы реализуются в виде комплекса проблемно-ориентированных программ. Наряду с целым рядом новых решений и результатов мне особенно интересен метод конечных элементов, который адаптирован для математических моделей с производными по мере, доказывається близость приближённых решений к точному. Здесь же доказаны оценки функции влияния математических

моделей второго и четвёртого порядка, изучены нелинейные математические модели. Это **новые результаты** и они не подлежат сомнению.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Автор корректно использует качественные аналитические методы исследования математических моделей, которые формализованы в виде единого уравнения с производными по Радону-Никодиму. Исследована структура спектра соответствующих граничных задач, построены функции влияния, получены их оценки. Проведено исследование нелинейных дифференциальных моделей второго и четвёртого порядков, получены достаточные условия их разрешимости. Хотелось бы отметить теоретическую и практическую значимость результатов и методов диссертационной работы. Появляется возможность использования этих результатов и методов в качестве инструмента для исследования математических моделей, описывающих деформацию одномерных объектов с внутренними особенностями и особенностями из-за наличия дефектов у внешней среды. В диссертации разработаны эффективные численные методы применительно к математическим моделям с производными по мере, представлены новые методы построения и анализа аналогов метода конечных элементов для граничных задач с производными Радона-Никодима. Получены оценки близости приближённого решения к точному для изучаемых линейных математических моделей. Результаты тестов для полученных численных методов с применением ЭВМ представлены в табличных приложениях.

Результаты работы автора получены на основе использования современного аналитического аппарата исследования математических моделей, которые описывают малые деформации струнных, стержневых и струнно-стержневых систем. Отметим, что численные методы для уравнений с производными по мере, а также их обоснование находятся в стадии формирования. Поэтому приобретают большое значение результаты, их интерпретация для задач, относящихся к приближённому решению в граничной области с производными Радона-Никодима, оценка погрешности решения. Комплекс программ, представленный в диссертации, позволяет выполнить машинный эксперимент с точностью, которая говорит о корректности задачи или её неразрешимости. Результаты исследования граничных задач могут быть использованы в учебном процессе при изучении математических моделей с разрывными решениями, спектра математической модели и его структуры, нелинейных математических моделей второго и четвёртого порядка.

Содержание диссертации, её завершённость

Область исследования и содержание диссертации соответствует формуле специальности 05.13.18- Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки). Пункт 1: «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений», пункт 2: «Развитие качественных и приближённых аналитических методов исследования математических моделей», пункт 3: «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий», пункт 4: «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента». Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 61 работе, 17 из них из перечня, рекомендованных ВАК, а также в 5 монографиях, получены два свидетельства о

регистрации программ на ЭВМ. Результаты работы прошли апробацию и докладывались на многочисленных конференциях международного, всероссийского, регионального уровня, начиная с 1998 года по настоящее время, и получили одобрение ведущих специалистов. Работа состоит из введения, 7 глав, заключения, библиографического списка, состоящего из 215 наименований и 3 приложений с листингами программ. Работа представляет собой завершённый, объёмный труд, изложена на 412 страницах и содержит 95 рисунков и 9 таблиц.

Общие замечания по работе

1. В исследовании не нашёл отражения тот факт, что имея дело с механическими моделями необходимо наглядно показать на чертежах особенности конструкций таких систем. Содержание первых пяти глав диссертации тесно связано с этими механическими моделями, которые реализованы в виде единого дифференциального уравнения, однако в тексте диссертации нет чертежей этих систем. Хотелось бы знать причину их отсутствия, поскольку усложняется визуальное представление соответствующих конструкций, описанных исключительно словесно.
2. В диссертации выполняются численные эксперименты для математической модели, для модели с разрывными решениями, для модели четвёртого порядка и для разнопорядковой модели. В таких расчётах всегда возникает вопрос о точности эксперимента, т.е. о величине погрешности. В главе 6 и главе 7 диссертации есть ответы на эти вопросы, более того, автор наряду с абсолютными погрешностями приводит их визуальную оценку в виде графической иллюстрации. Однако, мне совершенно неясно, почему автор не прибегает к оценке с указанием относительной погрешности? Во - первых, в компьютерных экспериментах и в работах экспериментального характера эта оценка даёт масштабное представление о качестве расчётов, во - вторых, такой подход исключает вопросы о точности эксперимента, т.к. выполнен он правильно.
3. Автор разработал целый комплекс проблемно-ориентированных программ и приводит листинги этих программ. В приложении даются свидетельства о государственной регистрации этих программ, поэтому листинги только заполняют довольно весомый объём диссертации и без особого ущерба могут быть исключены.
4. Нигде в диссертации я не нашёл обоснования выбору языка программирования Python и пакету символьной математики Maple? Хотелось бы узнать необходимость этого выбора у автора.

Отмеченные недостатки не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Заключение

Диссертация Шаброва Сергея Александровича является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены результаты, позволяющие квалифицировать их как новое крупное научное достижение в математическом моделировании, численных методах и комплексах программ (например, доказано, что спектр математической модели, как второго, так и четвёртого порядков, обладает свойством осцилляционности, разработаны комплексы программ для приближённого решения изученных математических моделей). Полученные

автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчётах. Она написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Диссертация отвечает критериям и соответствует требованиям п.9 "Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор Шабров Сергей Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,
д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой
информационных систем и технологий,
ФГБОУ ВО « Вологодский государственный университет»
160000, г. Вологда, ул. Ленина, д.15,

с.т. +7 921 234 50 65

e-mail to: vagor@mh.vstu.edu.ru



/ В.А. Горбунов /