

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Бородиной Елены Александровны «Математическое моделирование и качественные методы анализа граничных задач с негладкими решениями», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Вопросы математического моделирования систем с негладкими решениями является важным разделом прикладной математики, актуальность которых обуславливается широким распространения подобных задач в естественнонаучных приложениях, таких как, например, системы с сухим трением, упруго-мехнические конструкции, комбинирующие сосредоточенные и распределенные элементы, ряд современных моделей нейродинамики (таких как, например, уравнения Ижикевича). Соответственно, рассмотрение качественного и модельного поведения систем из данного класса, составляющих предмет данной диссертации, является актуальным, как нацеленное на разработку основ математической теории в указанной области науки.

В первой главе исследуется граничная задача для дифференциального уравнения шестого порядка, рассматриваемого как экстремаль функционала потенциальной энергии, и допускающей решения с разрывами в старших производных. Указанная связь вариационной и дифференциальной задач доказана и проведен анализ основных свойств решений, в том числе в отношении единственности решения и его разложения по базисным функциям, что использовано далее в третьей главе при численном моделировании. Кроме того, выведена функция влияния для данной системы, что существенно для практических методов решения.

Вторая глава состоит из двух частей. Первая служит определенным продолжением задачи, рассмотренной в первой главе, обобщая ее на случай наличия нелинейности различного типа. Более интересна в контексте математического моделирования вторая часть главы, посвященная модели каплеобразования из тонкого слоя жидкости, находящейся на вращающемся диске, так как для этой задачи представлена и обсуждена физико-техническая система, сформулирована упрощенная, но физически релевантная модель процесса, на основе которой записана и решена система уравнений, представляющая собой модель математическую. Наконец, сделанные по полученным решениям выводы верифицированы путем сравнения с результатами реального эксперимента. Таким образом, разработанный подход в силу изначально технической постановки задачи и качественного согласия с натурными данными имеет и практическую ценность.

Третья глава посвящена алгоритмической и программной реализации численного решения системы рассмотренной в первой главе. Для расчета применен, в принципе стандартный надежный метод конечных элементов, основную же новизну представляет оценка близости точного и приближенного решения, линейно пропорциональная шагу разбиения интервала при численном решении. Заключительная часть главы описывает реализующую данный алгоритм компьютерную программу, написанную на языке Python, что безусловно является положительным моментом в силу того, что данный язык программирования является одним из наиболее распространенных для научных целей, выполнимым на широком спектре операционных систем, а программный код включает подгрузку стандартизированных библиотек, обеспечивающих надежное выполнение вспомогательных математических операций и ввода-вывода. Листинг программного кода приведен в приложении. Примеры применения созданного программного обеспечения на основе тестового сравнения с аналитически известными решениями приведены в

промежуточной части главы и снабжены иллюстрациями, убедительно показывающими качество воспроизведения тестовых решений, погрешности расчета в зависимости от дискретности сетки и служащими подтверждением сделанных в главе выводов.

Вместе с тем, к представлению материала в тексте диссертации имеется ряд вопросов и замечаний.

1. В целях работы и постановке задачи первой главы указано, что исследуемая система служит моделью стержневой конструкции, однако не приводится ни конфигурация такой системы, ни физической обоснование вывода именно уравнения шестого порядка.
2. В части второй главы, посвященной исследованию модели отрыва капель от слоя, расположенного на вращающемся диске, представленная модель не учитывает и не обсуждает поверхностных неустойчивостей Рэля-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца, которые могут вносить существенный вклад именно в капле- и структурообразование в подобных слоистых системах с «обращенной» эффективной силой тяжести и влиянием вязкостных и поверхностных эффектов.
3. В теореме 3.2.1 не приведено оценок величины константы, входящей в отклонение численного решения от точного; кроме того отсутствуют даже и «рецепты» оценивания погрешности при практическом численном моделировании, что безусловно необходимо для практического применения предлагаемой компьютерной программы, равно как и выбора адекватной сеточной дискретизации.
4. В спецификации операционных систем, на которых работает компьютерная программа, представленная к защите, указана система Windows 2003, которая является серверной, а не десктопной

системой, однако в диссертации не отмечены, какие именно особенности программы требуют именно серверной архитектуры. Кроме того, государственное свидетельство регистрации программы выпущено в 2018 году, но при этом как наиболее старшая операционная система указана Windows 7. Реализации Python'a под Windows 8 и 10 активно существуют, какие особенности программного кода требуют именно достаточно старых операционных систем? При этом не указана версия языка Python, хотя как раз смена версий 2.x на 3.x в ряде случаев и библиотек не обладает обратной совместимостью.

5. Не рассмотрен вопрос о согласовании разбиения интервала решения по отношению к координатам разрыва параметров дифференциального уравнения; с учетом примененной равномерной сетки, каковы будут последствия в смысле погрешности решения при их несовпадении?

Однако данные вопросы не подвергают сомнению качество проделанной работы и основные выводы диссертации, но носят уточняющий характер по отношению детальности их представления в тексте.

Количество публикаций, отражающих основные результаты диссертации, и ее апробация на научных мероприятиях соответствуют формальным требованиям ВАК РФ по отношению к кандидатским диссертациям.

Автореферат адекватно и достаточно полно отражает содержание диссертации.

Таким образом, диссертация «Математическое моделирование и качественные методы анализа граничных задач с негладкими решениями» является законченным научным исследованием, представляющим решение

сложной задачи в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, содержит все составляющие данной специальности согласно ее паспорту и представляет определенный теоретический и практический интерес. Работа полностью соответствует критериям, установленным п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции 2017 года), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Бородина Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,

доктор физико-математических наук (специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент, Курский государственный университет, кафедра физики и нанотехнологий,

профессор  Постников Евгений Борисович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Курский государственный университет" (ФГБОУ ВО "Курский государственный университет"), факультет физики, математики, информатики.

Почтовый адрес: ул. Радищева, 33, Курск, 305000

Телефон: +7 (4712) 51-04-69;

Электронная почта: postnicov@gmail.com; сайт: <http://rccmp.kursksu.ru/postnikov>

