

ОТЗЫВ

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

Актуальность проблемы состоит в особенностях, которые часто возникают при математическом моделировании трудно формализуемых процессов, возникающих в реальных физических системах. Ряд проблем, которые возникают при попытке их разрешения, можно разделить на следующие:

1. Проблема умножения обобщённых функций на разрывную. Есть частные решения в алгебраическом классе обобщённых функций Коломбо.
2. Для реальных прикладных задач редко можно подобрать решение краевой задачи. Разрешимость здесь слабая.

Новое направление и успешное решение этих задач стало возможным после выхода работ Ю.В. Покорного, где было предложено наряду с интегралом Стилтгеса использовать в решении производные Радона-Никодима.

Соискателем была поставлена и решена **актуальная задача**, связанная с разработкой новых качественных и приближённых аналитических методов исследования математических моделей сложных физических систем.

Разработка и обоснование эффективных численных методов и алгоритмов. Решение этих задач **весьма актуально** в рамках исследуемой проблемы и не вызывает сомнений.

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

Соискатель активно представляет свои работы и доклады на различных Российских конференциях и семинарах. Начиная с 2007 года и до самой защиты фактически проводилась апробация работы на этих выступлениях. Поэтому на защиту вынесены именно те утверждения, которые прошли проверку широкой научной общественностью, а именно: качественные и приближённые методы исследования математических моделей, формализованных в виде единого уравнения с производными Радона-Никодима, численные методы и алгоритмы в виде комплексов проблемно-ориентированных программ. Имеется **свидетельство** о регистрации программ для ЭВМ за номером **RU 2018661466**. Реализуется

адаптированный метод конечных элементов. Результаты исследований убедительны, полностью обоснованы и не вызывают сомнений в их **значимости**.

Достоверность и новизна.

В диссертационной работе Бородиной Елены Александровны разработанные методы исследования сложносочленённых систем опираются на фундаментальную теорию современного качественного анализа, теорию интеграла, теорию меры, на методы функционального анализа. Достаточно сказать об адаптированном методе конечных элементов для граничных задач с локализованными особенностями. Метод получил обоснование на базе современных подходов в применении вычислительных алгоритмов для уравнений с особенностями. Поэтому достоверность результатов и выводов **строго обоснована**. Относительно новизны работы можно привести несколько результатов, которые отмечу как **новые**: интегральное представление решения изученных дифференциальных моделей, предложен основополагающий математический объект (единое уравнение с производными по мере), изучены нелинейные математические модели. Очень интересен вариант применения метода конечных элементов для решения задач в математических моделях с производными по мере. Здесь делается оценка сходимости приближённого решения и доказывается достаточная близость приближённого решения к точному. Считаю, что новизна в работе соискателя в полной мере обеспечена и хорошо представлена.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

В работе соискателя рассматриваются сложные объекты, подверженные деформациям. Причём здесь возникают особенности как внутри самих объектов, так и с внешней стороны, которую нужно учитывать как дефекты внешних условий окружающей среды. Предложенные методы в работе и полученные результаты показывают, что появилась возможность их использовать в качестве инструментария для исследования таких математических моделей. Практическая значимость методики хорошо представлена. Говоря о сложности объектов, хотелось бы сказать, что всякая встреча с нелинейностью задач порождает проблему для исследований. Возникают вопросы точности модели, её сходимости к нужным практике результатам и т. д. В работе диссертанта решена проблема нелинейности, причём проведены исследования нелинейных дифференциальных моделей шестого порядка и получены достаточные условия их разрешимости.

Научный интерес представляет разработка и обоснование новых качественных аналитических методов исследования математических моделей, которые формально представлены в виде единого уравнения с производными по Радону-Никодиму. Результаты тестирования полученных численных методов с применением ЭВМ дают достаточную близость приближённого решения к точному. Получены важные научные результаты, которые с успехом будут применяться в практическом направлении при моделировании подобных сложных объектов.

Содержание диссертации, её завершенность.

Область исследования и содержание диссертации соответствует формуле специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки)». Область исследования соответствует п.2 « Развитие качественных и приближённых аналитических методов исследования математических моделей», п.3 « Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий», и п.4 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента». Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 14 работах, из них 3 работы из перечня , рекомендованных ВАК. Получено 1 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ. Результаты работы прошли апробацию на многочисленных конференциях всероссийского и регионального уровня, на семинарах и симпозиумах, начиная с 2007 года и до настоящего времени. Работа состоит из введения, трёх(3) глав, заключения, библиографического списка, состоящего из 81 наименования и двух приложений. Приводятся листинги программ на языке Python и таблицы значений точного и приближённого решений и погрешности численного эксперимента. Диссертация изложена на 133 страницах и содержит 19 рисунков и 3 таблицы.

Общие замечания по работе.

1.В таблицах (B1-B3) диссертации (в приложении) представлены расчёты абсолютной и относительной погрешности. Но не видно в столбце абсолютной погрешности единиц измерения величины. Известно, что абсолютная погрешность не может быть безразмерной. Хотелось бы услышать от соискателя объяснение этому факту. Далее, на практике обычно известна погрешность искомой величины, которую можно брать за эталон. Здесь мне не ясно, дана погрешность, а для практических целей эта величина

какой должна быть? Может и не надо стремиться к более точному решению, уже достаточно полученного решения на предыдущих шагах вычислений?

2. На страницах 90,100, 102 приведены графики точного и приближённого решений, которые трудно читаемые. Не проставлены величины по оси абсцисс и ординат, да и совмещённые графики не читаются. Как найти кривую, дающую картину точного решения, а где график приближённого решения. Если Вы прибегаете к графической иллюстрации, то дайте возможность читателям разобраться в этом без догадок и поисков истины на картинке.

3. В полученном мною автореферате на стр. 3 нет заголовка актуальности, хотя в диссертации он присутствует. Эту опечатку надо исправить. В тексте об актуальности я так и не нашёл предложения, где указывается, что тема исследования актуальна, потому что...? В программировании есть такая опция, она называется « по умолчанию». Но, прошу прощения, здесь с первых страниц возникает портрет соискателя! Понимаю, формальность, но она необходима, коли прописана в требованиях к автореферату. Это технический недочёт, но картинка бросается в глаза!

4. Не удержусь ещё от одной неполноты. Если Вы решились показать для наглядности листинги программ, свидетельство о регистрации программ (или программы), это похвально. Но, почему нет тогда общей блок-схемы основного алгоритма, которая читается легче, всем понятна и в целом быть обязана, коль скоро есть листинг исходного текста? Хотелось бы услышать от соискателя ответ.

Отмеченные недостатки не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации и показывают мой интерес к работе и её хорошему оформлению.

Заключение.

Диссертация Бородиной Елены Александровны является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены новые научные результаты, например, разработаны эффективные численные методы решения граничных задач для уравнений шестого порядка; разработаны эффективные алгоритмы решения негладких граничных задач и комплексы программ для ЭВМ при решении этих задач. Полученные автором результаты достоверны, выводы в заключении обоснованы. Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчётах. Она написана доходчивым и грамотным

языком, аккуратно оформлена. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Диссертация отвечает критериям и соответствует требованиям пункта 9 « Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Бородина Елена Александровна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой
информационных систем и технологий
ФГБОУ ВО « Вологодский государственный университет»
160000, г. Вологда, ул. Ленина, д.15

с.т. +7 921 234 5065

e-mail: gorbunov@vologda.ru

В.А. Горбунов



Подпись заверяю.

Ст. Ступакова Е.П.

Менеджер по персоналу отдела правовой
и кадровой работы