

**Отзыв
официального оппонента на диссертационную работу
Солдатовой Екатерины Александровны «Разработка методов и
алгоритмов численного исследования неклассических стохастических
линейных динамических моделей», представленную на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальностям 1.2.2 – Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ и 2.3.1 – Системный анализ, управление
и обработка информации**

Диссертационная работа Солдатовой Е.А. посвящена разработке методов и алгоритмов численного исследования математических моделей, относящихся к классу стохастических линейных моделей неразрешенных относительно старшей производной с различными начальными и начально-конечным условиями. В ней на основе теоретических результатов исследования строятся численные алгоритмы как решения задач, так и обработки информации, получаемой на основании вычислительных экспериментов. Алгоритмы реализуются в виде комплекса программ. В качестве основных моделей выбранного класса при наличии случайного внешнего воздействия исследуются модель Баренблатта – Желтова – Кочиной с начальным условием Коши в области, модель Осколкова с начальным условием Шоултера – Сидорова и модель Хоффа с начально-конечным условием на геометрическом графе.

Актуальность темы исследования

В настоящее время исследования различных теоретических и прикладных задач, в основе которых лежат стохастические модели, активно ведутся учеными как в нашей стране, так и за рубежом. Основных причин для этого несколько: важность моделирования процессов и внешних воздействий, имеющих вероятностный характер проявления, необходимость развитие таких математических методов, которые позволяют проводить не только

аналитические, но и численные исследования стохастических моделей, возрастание значимости обработки и анализа информации, получаемых в ходе экспериментов. Это приводит к необходимости как применения методов системного анализа, так и разработки программного обеспечения, позволяющего эффективно реализовывать созданные алгоритмы. Кроме того, математические модели, в основе которых лежат уравнения соболевского и леонтьевского типов, используются для исследования большого числа физических, технических и технологических процессов уже несколько десятков лет в научных школах Москвы, Новосибирска, Иркутска, Екатеринбурга, Челябинска и за рубежом.

В то же время, не так давно стали развиваться аналитические и численные исследования неклассических стохастических моделей. Если не разделять направления, связанные с уравнениями соболевского и леонтьевского типов, то выделим две группы работ. В рамках одного подхода исследования ведутся с использованием производных в среднем или производной Нельсона – Гликлиха винеровского К-процесса, работы А. Favini, Г.А. Свиридиюка и его учеников, Ю.Е. Гликлиха и его учеников, А.Л. Шестакова и А.В. Келлер. В рамках другого – развивается подход Ито – Стратоновича - Скорохода. В рамках другого направления развивается подход Ито – Стратоновича – Скорохода, работы G.Da Prato, J.Zabczyk, И.В. Мельниковой, M. Kovacs и S. Larsson, Г.А. Свиридиюка и его учеников. Методы исследования в диссертационной работе Солдатовой Е.А. относятся ко второму направлению и развиваются для исследования указанных трех математических моделей.

Актуализируют такие исследования востребованность решения прикладных задач, где внешнее воздействие есть случайный процесс.

Все высказанное позволяет сделать вывод об актуальности диссертационного исследования.

Научная новизна основных результатов

- В области математического моделирования проведено: аналитическое исследование модели Баренблатта – Желтова – Кочиной фильтрации

жидкости в трещиновато-пористой среде со случайным внешним воздействием, доказана теорема об однозначной разрешимости задачи Коши – Дирихле для стохастического уравнения Баренблатта – Желтова – Кочиной потраекторно; аналитическое исследование модели Осколкова динамики давления несжимаемой вязкоупругой жидкости, движущейся по нефтепроводу, со случайным внешним воздействием, доказана теорема об однозначной разрешимости задачи Шоултера – Сидорова для линейного стохастического уравнения Осколкова на геометрическом графе потректорно; аналитическое исследование модели Хоффа деформации в конструкции из двутавровых балок со случайным внешним воздействием, доказана теорема об однозначной разрешимости начально-конечной задачи для линейного стохастического уравнения Хоффа на геометрическом графе потраекторно;

- в области численных методов предложены алгоритмы численных методов, являющиеся модификациями проекционного метода Галёркина в случае применения его к задачам для уравнений соболевского типа при нахождении приближенных решений исследуемых стохастических моделей (потраекторно);
- в области комплексов программ разработан и зарегистрирован комплекс программ для нахождения приближенного решения стохастических неклассических линейных динамических моделей с начальными или начально-конечными условиями, кроме того, проведены вычислительные эксперименты для линейных стохастических моделей Баренблатта – Желтова – Кочиной в области, Осколкова и Хоффа на геометрическом графе;
- в области системного анализа, управления и обработки информации разработаны алгоритм и программное обеспечение обработки информации для линейных стохастических моделей Баренблатта – Желтова – Кочиной, Осколкова и Хоффа с применением методов информационно–логического моделирования, кроме того, представлены

результаты обработки информации, полученной при проведении комплекса вычислительных экспериментов.

Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов

Обоснованность изложенных в работе результатов обеспечивается корректностью формулировок и строгими математическими доказательствами всех утверждений, приведенных в диссертации. Доказательства всех утверждений изложены четко и ясно.

Достоверность научных положений подтверждается строгой постановкой задач, строгими математическими обоснованиями формулируемых утверждений. Результаты вычислительных экспериментов иллюстрируют и теоретические выводы, и эффективность разработанных алгоритмов. Полученные результаты диссертационного исследования апробированы на научных конференциях различного уровня и семинарах. Основные результаты опубликованы в 14 научных работах, из них 6 – в ведущих рецензируемых отечественных научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, в том числе 3 статьи – в рецензируемом издании, индексируемом базами данных Scopus и Web of Science; получены 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и 1 свидетельство о регистрации программного комплекса.

Общая оценка содержания диссертации

Структура диссертации и ее разделов соответствует существующим требованиям к оформлению такого рода работ. Текст написан математически грамотным языком.

Диссертационная работа состоит из трех глав, введения, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении представлены актуальность и степень разработанности избранной темы, цели и задачи, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, методологию и методы диссертационного исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и

апробацию результатов, краткое содержание диссертации.

В первой главе изложены результаты структурного системного анализа предметной области с применением метода информационно-логического моделирования, представлен краткий обзор результатов о разрешимости начальных и начально-конечной задач для линейных уравнений соболевского типа в детерминированном случае, полученных ранее другими авторами.

Во второй главе содержатся результаты аналитического и численного исследований математической модели Баренблатта – Желтова – Кочиной фильтрации жидкости в трещиновато-пористой среде со случайным внешним воздействием. Приводятся алгоритмы численных методов, блок-схемы программ, результаты вычислительных экспериментов, графические отображения этих результатов. Кроме того, представлен алгоритм обработки информации, получаемой при численном исследовании. Приводятся результаты серии вычислительных экспериментов и графическое отображение результатов их обработки.

В третьей главе представлены результаты аналитического и численного исследований стохастических линейных математических моделей с относительно ограниченными операторами на геометрических графах, в том числе модели Осколкова транспортировки нефти по трубопроводу со случайным внешним воздействием и модели Хоффа деформации в конструкции из двутавровых балок со случайным внешним воздействием. Для численного исследования математических моделей. Обсуждаются общие для обеих моделей аспекты и особенности для каждой из них численного алгоритма модифицированного проекционного метода Галёркина. Представлены результаты вычислительных экспериментов на разных графах с различными начальными условиями и их графические отображения. Также описан алгоритм программы, позволяющей обработать информацию, получаемую при вычислительных экспериментах. Приводятся результаты применения указанного алгоритма.

В заключении приведены результаты исследования, даны рекомендации

по их применению, отмечены перспективы дальнейших исследований.

Автореферат полно отражает содержание диссертации, структура автореферата соответствует требованиям.

Несмотря на общую положительную оценку работы, необходимо сделать следующие **Замечания**

1. В главе 2 приводятся два численных метода решения задачи Коши для уравнения Баренблатта – Желтова - Кочиной. В работе не отмечены условия применимости методов.

2. Не отмечено, почему при разработке численных методов для исследования модели Баренблатта – Желтова – Кочиной в качестве области взят только круг? Это провоцирует и другие вопросы, например, могут ли рассматриваться другие области с использованием данного алгоритма? Если да, то считаю, что это следовало отметить.

3. В приводимых результатов вычислительных экспериментов не исследован вопрос о вычислительной точности найденного приближенного решения.

4. В работе присутствуют неточности редакционного характера и опечатки, например, на стр. 96 в обозначении ортопроектора; на стр. 110 в формуле (3.4.8); в разделе обозначения приводится общепринятое $\ker L$, но не приводится $\text{Tr } K$, используемое на 49 стр. и др.

Однако указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационного исследования.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Солдатовой Е.А. является законченной научно-квалификационной работой, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, количество публикаций удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждении научных степеней.

Полученные результаты свидетельствуют о решении научной задачи, имеющей значение для развития специальностей 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Учитывая вышесказанное, считаю, что диссертационная работа «Разработка методов и алгоритмов численного исследования неклассических стохастических линейных динамических моделей» в полной мере отвечает требованиям пп. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а ее автор – Солдатова Екатерина Александровна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации

Кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры высшей математики
Юго-Западного государственного
университета

Е.Ю. Машков

28.04.2022

Машков Евгений Юрьевич
Федеральное государственное
высшее образование «Юго-Западный
Государственный Университет»
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября,
e-mail: mashkovevgen@yandex.ru

