

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научной работе
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»,
доктор технических наук

 А.В. Коржов

«18» ноября 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Диссертация «Разработка методов и алгоритмов численного исследования неклассических стохастических линейных динамических моделей» выполнена на кафедре математического и компьютерного моделирования.

В период подготовки диссертации соискатель Солдатова Екатерина Александровна работала в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в должности ассистента кафедры уравнений математической физики с 2015 по 2017 годы, затем с 2017 года и по настоящее время – в должности старшего преподавателя кафедры математического и компьютерного моделирования ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)». Соискатель в 2011 году поступила и в 2014 году окончила очную аспирантуру при кафедре уравнений математической физики ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ).

В 2009 г. окончила с отличием государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинский государственный педагогический университет» по специальности «Математика и информатика». В 2019 г. окончила с отличием магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет

(национальный исследовательский университет)» по направлению «Математика».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2021 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

В связи с тем, что тема диссертации охватывает предметные области «системный анализ, управление и обработка информации» и «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», руководили диссертационной работой два специалиста в указанных предметных областях. Научные руководители:

– доктор физико-математических наук, доцент Келлер Алевтина Викторовна (2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации), профессор кафедры прикладной математики и механики, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»;

– доктор физико-математических наук, профессор Загребина Софья Александровна (1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), заведующий кафедрой математического и компьютерного моделирования, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Тема диссертации утверждена советом Института естественных и точных наук ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» от 21 декабря 2020 г, протокол № 4. По результатам рассмотрения диссертации «Разработка методов и алгоритмов численного исследования неклассических стохастических линейных динамических моделей» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена аналитическому и численному исследованию трех неклассических стохастических динамических математических моделей фильтрации, упругости и гидродинамики.

Важным аспектом исследования многих физических, технических и др. процессов и явлений является использование математических моделей, учитывающих случайное внешнее воздействие. Поэтому развитие методов аналитического и численного исследования математических моделей, в основе которых лежат стохастические уравнения соболевского типа, является актуальной теоретической задачей.

На базе полученных теоретических результатов могут решаться различные практические задачи, например, оценка состояния давления жидкости, фильтрующейся в трещиновато-пористой среде, оценка параметров этой среды при случайном внешнем воздействии, оценка состояния конструкции из двутавровых балок, как отклонение от некоторого положения при случайном внешнем воздействии. Поэтому разработка методов численного решения начально-краевых задач с их реализацией в виде комплексов программ является актуальной практической задачей.

При реализации программного обеспечения для решения практических задач важно применение методов системного анализа, позволяющего учесть особенности решаемых различными специалистами задач и сформировать методологию исследования различных математических моделей при использовании определенного математического аппарата. Кроме того, важным является и разработка алгоритмов и программного обеспечения, позволяющего проводить обработку информации и системный анализ результатов, получаемых в ходе проведения комплекса вычислительных экспериментов при исследовании стохастических математических моделей.

Кроме того, актуализирует исследования, проведенные в работе, тот факт, что неклассические модели математической физики появляются в приложениях все чаще, однако, в современной математической литературе

представлены результаты, в основном касающиеся невырожденного случая. Представленные численные алгоритмы могут быть использованы для исследования математических моделей, параметры которых могут приводить как к вырожденному, так и невырожденному случаю.

В связи с этим, считаем, что исследования, представленные в данной диссертации, являются актуальными.

Новизна результатов

– в области математического моделирования. Проведено аналитическое исследование стохастических моделей Баренблатта – Желтова – Кочиной с условием Коши, Осколкова с условием Шоуолтера – Сидорова и Хоффа с начально-конечным условием. Найдены условия потраекторной однозначной разрешимости поставленных задач.

– в области численных методов. Предложены алгоритмы численных методов, модифицирующих методы Галеркина, Рунге – Кутты – Фелберга, позволяющие для исследуемых стохастических неклассических линейных динамических моделей находить приближенные решения (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. 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. Разработан алгоритм и программное обеспечение обработки информации для линейных стохастических моделей Баренблатта – Желтова – Кочиной, Осколкова и Хоффа с применением методов информационно-логического моделирования. Представлены результаты обработки информации, полученной при проведении комплекса вычислительных экспериментов.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании аналитического метода исследования актуальных стохастических неклассических динамических моделей. Полученные результаты о разрешимости исследуемых задач развивают полугрупповой подход в теории вырожденных стохастических уравнений. Применение абстрактных результатов для исследования стохастических неклассических динамических моделей, активно используемых в прикладных исследованиях, развивают методы математического моделирования и системного анализа.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в применимости результатов исследования к проблемам гидродинамических исследований, моделирования течения жидкости по системе труб, изучения деформаций в конструкции из двутавровых балок. Это позволяет расширить применимость существующих методов оценки состояний сложных систем, их параметров в задачах гидродинамики, геологии при изучении фильтрации воды в почве, повышения эффективности добычи нефти. Комплексы программ реализованы с использованием разработанных алгоритмов численных методов. Интерфейс программы позволяет встраивать ее в вычислительные среды для решения прикладных задач. Реализованы статичная (графики и трехмерные диаграммы) и динамическая визуализации (трехмерная анимация), позволяющие проводить анализ состояний моделируемых систем.

Степень достоверности результатов проведенных соискателем исследований

Степень достоверности результатов диссертации подтверждается корректным использованием современных математических методов, подтверждены доказательствами в соответствии с современным уровнем математической строгости. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, апробированы на международных и всероссийских конференциях и семинарах. Результаты и выводы не

противоречат ранее полученным результатам других авторов. Кроме того, результаты вычислительных экспериментов качественно согласуются с аналитическими результатами.

Ценность научных работ соискателя ученой степени

Материалы диссертации полно представлены в работах, опубликованных соискателем.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК Минобрнауки России и в рецензируемых научных журналах и изданиях, индексируемых Scopus, Web of Science и Russian Science Citation Index (RSCI):

1. Soldatova, E.A. Information–logical modeling in studies of non-classical linear models of mathematical physics / E.A. Soldatova, A.V. Keller, S.A. Zagrebina // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2021. – Vol. 8, № 3. – P. 14–31. (BAK) (0,72).
2. Солдатова, Е.А. Алгоритмы и обработка информации в численном исследовании стохастической модели Баренблатта – Желтова – Кочиной / Е.А. Солдатова, А.В. Келлер // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математика. Механика. Физика. – 2021. – Т. 13, № 4. – С. 29–36. (RSCI, BAK) (0,62).
3. Soldatova, E.A. Numerical Research of the Burenblatt – Zheltov – Kochina stochastic model / S.I. Kadchenko, E.A. Soldatova, S.A. Zagrebina // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software. – 2016. – Vol. 9, № 2. – P. 117–123. (WoS, Scopus, BAK) (0,85).
4. Солдатова, Е.А. Начально-конечная задача для линейной стохастической модели Хоффа / Е.А. Солдатова // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2014. – Т. 7, № 2. – С. 124–128. (WoS, Scopus, BAK).
5. Soldatova, E.A. The Stochastic Linear Oskolkov Model of the Oil Transportation by the Pipeline / G.A. Sviridyk, S.A. Zagrebina, E.A. Soldatova // Semigroups of Operators – Theory and Applications / [International Conference], Bedlewo, Poland, Oktober 2013. – Heidelberg;

New York; Dordrecht; London: Springer International Publishing Switzerland, 2015. – P. 317–325. (WoS, Scopus) (0,77).

6. Солдатова, Е.А. Линейные уравнения соболевского типа с относительно p -ограниченными операторами и аддитивным белым шумом / Е.А. Солдатова, С.А. Загребина // Известия Иркутского гос. ун-та. Серия: Математика. – 2013. – Т. 6, № 1. – С. 20–34. (ВАК) (0,8).

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

7. Численное исследование движения жидкости, фильтрующейся в трещиновато-пористой среде со случайным внешним воздействием: Свидетельство № 2015612400 / Солдатова Е.А, Загребина С.А. (RU); правообладатель ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный Университет» (НИУ). – 2014660025; заявл. 07.10.2014; зарегистр. 18.02.2015, реестр программ для ЭВМ.
8. Программный комплекс решения стохастических уравнений соболевского типа: Свидетельство № 2016614622 / Солдатова Е.А., Кадченко С.И., Загребина С.А. (RU); правообладатель ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ). – 2016611855; заявл. 09.03.2016; зарегистр. 27.04.2016, реестр программ для ЭВМ.

Другие публикации

9. Солдатова, Е.А. Об одной вырожденной модели с белым шумом / С.А. Загребина, Е.А. Солдатова // Динамические системы, оптимальное управление и математическое моделирование: материалы междунар. симпозиума, посвященного 100-летию математического образования в Восточной Сибири и 80-летию со дня рождения профессора О.В. Васильева, 2019. – С. 132–135. (0,75).
10. Солдатова, Е.А. Задача Шоултера – Сидорова для линейной стохастической модели Осколкова на графе / Е.А. Солдатова // Материалы международной конференции "Воронежская зимняя школа С.Г. Крейна – 2016". – Воронеж, 2016. – Т. 19, вып. 2. – С. 369–375.
11. Солдатова, Е.А. Уравнения Баренблатта – Желтова – Кочиной с белым шумом на графе / С.А. Загребина, Е.А. Солдатова // Дифференциальные

уравнения и их приложения: сб. материалов междунар. конф. (г. Белгород, 26-31 мая 2013 г.). – 2013. С. 91–92. (0,5).

12. Солдатова, Е.А. Стохастические уравнения соболевского типа на графе / С.А. Загребина, Е.А. Солдатова // Дифференциальные уравнения. Функциональные пространства. Теория приближений: тез. докл. междунар. конф., посвященная 105-летию со дня рождения С.Л. Соболева. Новосибирск, Россия, 18–24 августа 2013 г. – Новосибирск, 2013. – С. 138–139. (0,5).
13. Солдатова, Е.А. Уравнение Баренблатта – Желтова – Кочиной с белым шумом / С.А. Загребина, Е.А. Солдатова // Обзорные прикладной и промышленной математики. – 2012. – Т. 19, вып. 2. – С. 252–254. (0,66)
14. Солдатова, Е.А. Модель Дэвиса с аддитивным белым шумом / С.А. Загребина, Е.А. Солдатова // Измерения: состояние, перспективы развития: тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. г. Челябинск, 25-27 сент. 2012 г. в 2 т. – Т. 1. – Челябинск, 2012. – С. 218–220. (0,66).

В диссертацию включены только результаты, полученные Солдатовой Е.А., они не затрагивают интересы соавторов в представленных публикациях. Научным руководителям принадлежат общая постановка задач исследования.

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Диссертант лично и самостоятельно разрабатывал теоретические положения и алгоритмы численных методов. Солдатовой Е.А. построена информационно-логическая модель исследования, создан программный комплекс, проведены вычислительные эксперименты с обработкой информации, апробированы научные результаты, подготовлены публикации по теме исследования, оформлен текст диссертации.

Соответствие диссертации специальностям

На защиту выносятся результаты диссертационного исследования, соответствующие специальностям 1.2.2 – Математическое моделирование,

численные методы и комплексы программ и 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации:

– в рамках развития качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей получены результаты аналитического исследования математической модели Баренблатта – Желтова – Кочиной для задачи Коши со случайным внешним воздействием и однозначная разрешимость задачи Коши в модели динамики давления жидкости, фильтрующейся в трещиновато-пористой среде со случайным внешним воздействием; получены результаты аналитического исследования линеаризированной математической модели Осколкова с условием Шоултера – Сидорова со случайным внешним воздействием и однозначная разрешимость задачи Шоултера – Сидорова в модели динамики давления и скорости вязкоупругой несжимаемой жидкости, движущейся в j -ой секции трубопровода со случайным внешним воздействием; получены результаты аналитического исследования линейной математической модели Хоффа с начально-конечным условием со случайным внешним воздействием и однозначная разрешимость начально-конечной задачи в модели выпучивания двутавровых балок в конструкции, находящихся под постоянной нагрузкой со случайным внешним воздействием;

– в рамках разработки, обоснования и тестирования эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий разработаны модификация численного метода Рунге – Кутты – Фелберга седьмого порядка точности и алгоритм нахождения приближенного решения начальной задачи для стохастической математической модели Баренблатта – Желтова – Кочиной; модификация численного метода Галеркина и алгоритмы нахождения приближенного решения при исследовании стохастических математических модели Баренблатта – Желтова – Кочиной, линеаризированной математической модели Осколкова и линейной математической модели Хоффа с различными начальными или начально-конечными условиями;

- в рамках реализации эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента разработан комплекс программ для ЭВМ, реализующий алгоритмы нахождения приближенного решения стохастических уравнений соболевского типа;
- в рамках разработки специального математического и программного обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации разработан алгоритм и его программная реализация обработки информации комплекса вычислительных экспериментов (на основе метода логико-информационного моделирования) для движения жидкости, фильтрующей в трещиновато-пористой среде со случайным внешним воздействием; разработан алгоритм и его программная реализация обработки информации комплекса вычислительных экспериментов (на основе метода логико-информационного моделирования) для динамики выпучивания в конструкции из двутавровых балок со случайным внешним воздействием.

Таким образом, оригинальные результаты получены в области системного анализа, управления и обработки информации, а также в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, а исследуемые модели относятся к различным предметным областям. Это позволяет сделать вывод о соответствии диссертации специальностям 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней. Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. не содержит

заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования.

Диссертация «Разработка методов и алгоритмов численного исследования неклассических стохастических линейных динамических моделей» Солдатовой Екатерины Александровны рекомендуется к защите 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.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры математического и компьютерного моделирования ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

ПРИСУТСТВОВАЛИ: директор Института естественных и точных наук Замышляева А.А., д-р физ.-мат. наук, проф., (председатель); зав. кафедрой Загребина, С.А, д-р физ.-мат. наук, проф.; профессор кафедры прикладной математики и механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» Келлер А.В., д-р физ.-мат. наук, доц.; профессор кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» Колногоров А.В., д-р физ.-мат. наук, проф. (диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.01, 05.13.18); ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН) Лакеев А.В., д-р физ.-мат. наук (диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.01); заведующий кафедрой уравнения математической физики Манакова Н.А., д-р физ.-мат. наук, доц.; заведующий научно-исследовательской лабораторией «Неклассические уравнения

математической физики» Свиридчук Г.А., д-р физ.-мат. наук, проф.; доцент Акимова А.А., канд. физ.-мат. наук, доц.; доцент Гаврилова О.В., канд. физ.-мат. наук; доцент Глушков А.И., канд. техн. наук, доцент; доцент Деркунова Е.А., канд. физ.-мат. наук; доцент Елсаков С.М., канд. физ.-мат. наук; доцент Конкина А.С., канд. физ.-мат. наук; доцент Клыгач Д.С., канд. техн. наук, доц.; доцент Кунгурцева А.В., канд. физ.-мат. наук, доц.; доцент Логинова Л.А., канд. пед. наук; доцент Назарова Е.И., канд. физ.-мат. наук; доцент Овчинникова Н.Н., канд. пед. наук; доцент Осмоловский В.И., канд. пед. наук, доц.; доцент Парасич И.В., канд. техн. наук; доцент Сагадеева М.А., канд. физ.-мат. наук, доц.; доцент Ушаков А.Л., канд. физ.-мат. наук, доц.; ст. преподаватель Богушов А.К.; ст. преподаватель Котлованов К.Ю.; ст. преподаватель Соловьева Н.Н.; ст. преподаватель Уфимцева О.В.; ст. преподаватель Фокина М.С.; соискатель Солдатов Е.А.

Результаты голосования: «за» – 28 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол № 04 от «16» ноября 2021 г.



Замышляева Алёна Александровна
доктор физико-математических наук,
профессор, директор Института
естественных и точных наук



Сагадеева Минзиля Алмасовна
кандидат физ.-мат. наук, доцент,
доцент кафедры математического и
компьютерного моделирования

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)», Министерство науки и
высшего образования Российской Федерации
Россия, 454080, г. Челябинск, пр. им В.И. Ленина, 76, www.susu.ru
zamyshliaeva@susu.ru, тел.: +7 351 267-98-61
sagadeevama@susu.ru, тел.: +7 351 272-32-72

*Подпись работником
установлено*

Начальник управления по работе
с кадрами Южно-Уральского
государственного университета

