

университет» по специальности «Прикладная математика и информатика». В 2013 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) и получила степень магистра математики по направлению «Математика».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2015 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет».

Научный руководитель – Манакова Наталья Александровна, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), доцент кафедры уравнений математической физики.

Тема диссертации утверждена Ученым советом факультета Математики, механики и компьютерных наук 25 ноября 2013 г., протокол № 03.

По результатам рассмотрения диссертации «Аналитическое и численное исследование квазилинейных математических моделей квазистационарного процесса в проводящей среде и двухфазной фильтрации» принято следующее заключение:

Актуальность темы и направленность исследования

Диссертация Богатыревой Е.А. является законченным самостоятельно выполненным научным исследованием. Диссертационная работа посвящена аналитическому и численному исследованиям математических моделей неравновесной противоточной капиллярной пропитки, начального регулирования неравновесной противоточной капиллярной пропитки и квазистационарного процесса в проводящей среде, основанных на квазилинейных уравнениях соболевского типа. Актуальность изучения такого рода математических моделей обусловлена необходимостью решения важных прикладных задач в

теории фильтрации и электродинамике. Нелинейные модели описывают физический процесс качественнее, чем более простые линейные аналоги, однако их нелинейная структура вызывает значительные трудности при аналитическом и численном исследованиях. При этом нахождение аналитических решений, как правило, невозможно, и возникает необходимость в разработке численных методов нахождения приближенных решений начальных задач для таких моделей и разработка комплексов программ для них. Особенностью диссертационной работы является построение общего метода исследования изучаемых математических моделей с начальными условиями как задач Коши для квазилинейных уравнений соболевского типа. Применение известных численных методов для нелинейных моделей зачастую невозможно, поэтому на первый план выходят вопросы построения новых численных методов для таких моделей, доказательства их сходимости и проверка адекватности получаемых результатов. Данные вопросы решаются в диссертационной работе. В связи с этим, считаем, что исследования, представленные в данной диссертации, являются актуальными.

Личное участие автора в полученных научных результатах

В ходе диссертационного исследования Е.А. Богатыревой были получены следующие основные результаты:

В рамках развития качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей получены:

1. Аналитический метод исследования математических моделей, основанных на квазилинейных уравнениях соболевского типа.
2. Достаточные условия однозначной разрешимости задачи Коши для модели неравновесной противоточной капиллярной пропитки.
3. Достаточные условия однозначной разрешимости задачи Коши для модели квазистационарного процесса.
4. Достаточные условия разрешимости задачи регулирования эффективной насыщенности в модели неравновесной противоточной капиллярной пропитки на основе задачи стартового управления и финального наблюдения.

В рамках разработки, обоснования эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий получены:

5. Условия сходимости проекционного метода нахождения приближенного решения начальных задач для математических моделей на основе квазилинейных уравнений соболевского типа.

6. Условия сходимости численного метода исследования математической модели квазистационарного процесса.

7. Алгоритм проекционного метода нахождения приближенного решения начальных задач для математических моделей на основе квазилинейных уравнений соболевского типа.

8. Алгоритм численного метода исследования математической модели квазистационарного процесса.

В рамках реализации эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительных экспериментов получены:

9. Программа для ЭВМ, реализующая алгоритм нахождения приближенного решения задачи Коши для модели неравновесной противоточной капиллярной пропитки.

10. Программа для ЭВМ, реализующая алгоритм нахождения приближенного решения задачи Коши для модели квазистационарного процесса.

Все исследования, связанные с пунктами 1–10, были выполнены Е.А. Богатыревой единолично.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Все аналитические результаты, приведенные в диссертационной работе, сформулированы в виде теорем, снабженных подробными доказательствами. Достоверность полученных результатов проиллюстрирована большим количеством вычислительных экспериментов.

Научная новизна результатов

В области математического моделирования:

Впервые предложен общий метод исследования квазилинейных математических моделей, описывающих процессы теории фильтрации и электродинами-

ки, основанных на квазилинейных уравнениях соболевского типа. Создана теоретическая основа для численного исследования изучаемых моделей: доказаны теоремы существования и единственности решений задачи Коши для квазилинейного уравнения соболевского типа.

В области численных методов:

Разработаны алгоритмы численных методов, позволяющие находить приближенные решения начальных задач для изучаемых квазилинейных моделей математической физики. Установлена сходимости приближенных решений к точному.

В области комплексов программ:

Разработан комплекс программ нахождения приближенного решения задачи Коши для квазилинейных моделей соболевского типа, позволяющий проводить вычислительные эксперименты для модельных и реальных задач, исследовать эффективность предложенных алгоритмов, методов, подходов.

Практическая значимость полученных результатов

Практическая значимость работы заключается в том, что результаты исследования математической модели неравновесной противоточной капиллярной пропитки и модели начального регулирования неравновесной противоточной капиллярной пропитки применимы в гидродинамике и теории фильтрации, математической модели квазистационарного процесса – в электродинамике и электротехнике. Разработаны и реализованы алгоритмы численного решения рассматриваемых задач в виде программ, написанные в вычислительных средах Maple и Matlab, что позволяет в дальнейшем использовать его для решения других неклассических задач математической физики.

Ценность научных работ соискателя

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что полученные результаты развивают теории уравнений соболевского типа и дифференциальных уравнений в частных производных и могут быть использованы для дальнейшего качественного и численного исследования неклассических моделей математической физики. Предложены численные методы исследования

поставленных задач с использованием современного математического аппарата и компьютерной техники.

Материалы диссертации полно представлены в работах, опубликованных соискателем. Все основные положения диссертационного исследования полностью опубликованы в 14 научных работах, из них 8 статей.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК

1. Манакова, Н.А. О решении задачи Дирихле – Коши для уравнения Баренблатта – Гильмана / Н.А. Манакова, Е.А. Богатырева // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Математика. – 2014. – Т. 7, № 1. – С. 52–60.

2. Bogatyreva, E.A. On the Uniqueness of a Nonlocal Solution in the Barenblatt – Gilman Model / E.A. Bogatyreva, I.N. Semenova // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2014. – Т. 7, № 4 – С. 113–119.

3. Богатырева, Е.А. Задача стартового управления и финального наблюдения для одного квазилинейного уравнения соболевского типа / Е.А. Богатырева // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математика. Механика. Физика. – 2015. – Т. 7, № 4. – С. 5–10.

Свидетельства о регистрации программ

4. Численное моделирование неравновесной противоточной капиллярной пропитки в круге: Свидетельство № 2015617080 / Богатырева Е.А., Манакова Н.А. (RU); правообладатель ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)». – 2015617080; заявл. 15.05.2015; зарегистрир. 30.07.2015, реестр программ для ЭВМ.

Другие научные публикации

5. Манакова, Н.А. О начально-краевой задаче для уравнения Баренблатта – Гильмана / Н.А. Манакова, Е.А. Кононова // Обзорение прикладной и промышленной математики. – 2012. – Т. 19, № 2. – С. 270–271.

6. Манакова, Н.А. Численное исследование процессов в модели Баренблатта – Гильмана / Н.А. Манакова, Е.А. Богатырева // Вестник МаГУ.

Математика. Вып. 15. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та, 2013. – С. 58–67.

7. Bogatyreva, E.A. Numerical Modeling of Quasi-Steady Process in Conducting Nondispersive Medium with Relaxation / E.A. Bogatyreva // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2015. – V. 2, № 1. – P. 45–51.

8. Манакова, Н.А. Задача стартового управления и финального наблюдения для модели Баренблатта – Гильмана / Н.А. Манакова, Е.А. Богатырева // Обзорение прикладной и промышленной математики. – 2015. – Т. 22, № 1. – С. 79–80.

9. Bogatyreva, E.A. Comparison of Numerical Modeling Methods for Quasi-Steady Process in Conducting Nondispersive Medium with Relaxation / E.A. Bogatyreva // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2015. – V. 2, № 2. – P. 13–18.

10. Манакова, Н.А. О нелокальном решении задачи Коши – Дирихле для модели Баренблатта – Гильмана / Н.А. Манакова, Е.А. Богатырева // Измерения: состояние, перспективы развития. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2012. – С. 165–166.

11. Манакова, Н.А. О продолжении решения задачи Коши для квазилинейного уравнения соболевского типа / Н.А. Манакова, Е.А. Богатырева // Дифференциальные уравнения. Функциональные пространства. Теория приближений. – Новосибирск: Ин-т математики СО РАН, 2013. – С. 190.

12. Манакова, Н.А. Исследование математической модели Баренблатта – Гильмана / Н.А. Манакова, Е.А. Богатырева // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – М.: Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 1502–1506.

13. Манакова, Н.А. Сходимость метода Галеркина в модели Баренблатта – Гильмана / Н.А. Манакова, Е.А. Богатырева // Алгоритмический анализ неустойчивых задач. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2014. – С. 206–207.

14. Манакова, Н.А. Сходимость метода Галеркина в квазилинейной модели соболевского типа / Н.А. Манакова, Е.А. Богатырева // Бесконечномерный анализ, стохастика, математическое моделирование: новые задачи и ме-

тоды. Проблемы математического и естественнонаучного образования: Тезисы и тексты докладов международной конференции. Москва, РУДН, 15 – 18 декабря 2014 г. – М: Издательство РУДН, 2014. – С. 219–220.

В работах 1, 4 – 6, 8, 10 – 14 Н.А. Манаковой принадлежит общая постановка задач, а Е.А. Богатыревой – все основные полученные результаты. Из остальных работ, выполненных в соавторстве, в диссертацию включены только те результаты, которые были получены лично Е.А. Богатыревой и не затрагивают интересов других соавторов.

Специальность, которой соответствует диссертация

В представленной Богатыревой Екатериной Александровной диссертации исследованы математические модели, основанные на квазилинейных уравнениях соболевского типа, а также разработаны численные методы нахождения приближенного решения начальных задач для таких моделей, реализованные в виде комплекса программ для проведения вычислительных экспериментов. Это позволяет сделать вывод о том, что работа содержит оригинальные результаты одновременно из трех областей – математического моделирования, численных методов и комплексов программ. Кроме того, предлагаемые методы могут быть использованы в различных предметных областях – гидродинамике, теории фильтрации, электродинамике. Диссертационное исследование соответствует следующим пунктам паспорта специальности: 2 – развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей, 3 – разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий, 4 – реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительных экспериментов. Таким образом, диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация «Аналитическое и численное исследования квазилинейных математических моделей квазистационарного процесса в проводящей среде и двухфазной фильтрации» Богатыревой Екатерины Александровны является

законченным, самостоятельно выполненным научным исследованием, содержит новые научные результаты и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

ПРИСУТСТВОВАЛИ: зав. кафедрой Г.А. Свиридюк, д.ф.-м.н., профессор; А.А. Замышляева, д.ф.-м.н., доцент; Г.А. Закирова, к.ф.-м.н., доцент; Д.Е. Шафранов, к.ф.-м.н., доцент; П.О. Москвичева, к.ф.-м.н.; О.Н. Цыпленкова, к.ф.-м.н.; Е.В. Бычков, к.ф.-м.н.; А.Б. Самаров, к.ф.-м.н., доцент; М.А. Загребин, к.ф.-м.н., доцент.

ПРИГЛАШЕНЫ: А.А. Келлер, д.ф.-м.н., доцент; С.А. Загребина, д.ф.-м.н., доцент; М.А. Сагадеева, к.ф.-м.н., доцент.

Заключение принято на заседании кафедры уравнений математической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет). Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 2 от 28 сентября 2015 г.

Заместитель заведующего кафедрой
уравнений математической физики,
доктор физ.-мат. наук, доцент

А.А. Замышляева

Замышляева Алена Александровна, alzama@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), Россия, 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, д. 76, <http://ysu.ru>, телефон: 8 351 267-93-39.



Замышляева
удостоверяю
начальника УРК
Минакова Н.С.