

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова

Профессор В.М. Колокольников
15 сентября 2015 г.

О Т Л О В

ведущей организации на диссертацию Е.А. Богатыревой
"Аналитическое и численное исследование квазилинейных
математических моделей квазистационарного процесса
и двухфазной фильтрации", представленную на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 05.13.18 – математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

В настоящее время актуальной задачей математического моделирования является исследование сложных физических процессов, описываемых нелинейными уравнениями в частных производных. Основная задача такого исследования – прогнозирование течения процессов во времени и отказ от дорогостоящих натурных экспериментов. Диссертационная работа Е.А. Богатыревой посвящена аналитическому и численному исследованиям квазилинейных математических моделей, основанных на одном классе неклассических нелинейных уравнениях соболевского типа. В работе проведено теоретическое исследование, созданы новые численные методы нахождения приближенных решений, разработаны алгоритмы методов численного решения и соответствующие комплексы программ, проведены численные эксперименты. Полученные результаты позволяют решать ряд важных прикладных задач в гидродинамике, геологии при изучении фильтрации жидкости, в нефтедобыче, электродинамике и других предметных областях.

В исследовании нелинейных уравнений соболевского типа можно выделить два основных направления. Первое направление состоит в независимом исследовании отдельных моделей, возникающих, как правило, на основе конкретных практических задач. К этому направлению можно отнести, например, работы В.Н. Врагова, А.И. Кожанова, S. Mesloub, H.S. Vehbahani и других. Второе направление состоит в исследовании абстрактных задач в банаховых пространствах и не содержит прикладных исследований. В данном направлении работают, например, И.В. Мельникова, А. Favini и другие.

На стыке перечисленных направлений работают такие ученые, как R.E. Showalter, M.O. Корпусов, Г.А. Свиридюк, Т.Г. Сукачева и др. Данная работа выполнена в рамках направления, возглавляемого Г.А. Свиридюком. Отличительной чертой диссертации является построение общего метода исследования целого класса квазилинейных моделей математической физики. Проведенное теоретическое исследование развивает теорию уравнений соболевского типа, при этом позволяет ставить вопрос об аналитическом и

численных исследованиях как существующих задач, так и новых, в рамках сложившихся направлений математического моделирования.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 108 наименований и приложения. Общий объем работы составляет 110 страниц. Главы и разделы диссертации представляют логически законченные части, объединённые единым замыслом работы, подходом и методами исследования.

Во *введении* обосновывается актуальность темы исследования, определяется цель работы, дается обзор литературы и методологии по исследуемой проблематике.

В *первой главе* исследуется абстрактная квазилинейная математическая модель соболевского типа. Рассматривается задача Коши для дифференциального операторного уравнения

$$\frac{d}{dt}(Ax + \lambda M(x)) + M(x) = 0, \lambda > 0, x(0) = 0.$$

Найдены достаточные условия однозначной разрешимости задачи, описан и обоснован проекционный метод её численного решения, получены условия сходимости приближенных решений к точному в слабом обобщенном смысле.

Вторая глава посвящена математическим моделям двухфазной фильтрации: модели неравновесной противоточной капиллярной пропитки и модели начального регулирования неравновесной противоточной капиллярной пропитки. Проводится их построение, аналитическое и численное исследования. На основе результатов главы 1 доказана разрешимость начальных задач для данных моделей. Предложены новый алгоритм моделирования процесса неравновесной противоточной капиллярной пропитки, на основе описанного в первой главе проекционного метода и реализующая его программа. Приведены примеры работы программы, дана физическая интерпретация полученных результатов.

В *третьей главе* проводится исследование математической модели квазистационарного процесса в проводящей среде с учетом релаксации. На основе результатов главы 1 доказана однозначная разрешимость задачи Коши, предложен разностный метод нахождения её приближенного решения, доказана сходимость метода. Также приводятся описания программ, реализующих алгоритмы разработанных проекционного и разностного численных методов. Приведены примеры работы программ. Дано подробное сравнение результатов, получаемых с помощью построенных численных методов. Приведённые примеры и проведенный сравнительный анализ показывают адекватность полученных результатов.

В диссертационной работе впервые проведено аналитическое и численное исследования квазилинейных математических моделей с помощью разработанной автором теории для квазилинейных уравнений соболевского типа: представлены постановки задач, соответствующих математическим моделям; доказаны теоремы о существовании и единственности решения задачи Коши для них; разработан алгоритм применения проекционного метода нахождения приближенного

решения задачи Коши для абстрактной квазилинейной модели соболевского типа; а также комплекс программ, позволяющий проведение вычислительных экспериментов, демонстрирующих эффективность алгоритмов и методов.

Результаты, изложенные в диссертации, являются новыми и получены автором лично. Корректность теоретических выводов следует из строгих, математически обоснованных доказательств. Полученные результаты своевременно опубликованы, апробированы на различных конференциях и семинарах.

К исследуемым начальным задачам для квазилинейного уравнения соболевского типа может быть редуцирован обширный класс модельных начальных задач. Полученные в диссертации результаты применимы для аналитического и численного исследований различных математических моделей гидродинамики, теории фильтрации, электродинамики и в других областях. Сочетание теоретических выводов и возможности применения результатов в актуальных прикладных задачах является достоинством диссертации.

Теоретические результаты диссертации и разработанные автором алгоритмы и программы представляют интерес для применения в исследованиях научных коллективов в Институте математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, в Институте математики и механики УрО РАН, Воронежском, Новгородском, Новосибирском, Иркутском, Югорском, Южно-Уральском, Челябинском государственных университетах и Северо-Восточном федеральном университете.

Диссертация Е.А. Богатыревой имеет стройную, логически законченную структуру, автореферат соответствует содержанию диссертации. По теме диссертации соискателем опубликовано 15 научных работ, 3 из которых – в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ для опубликования результатов диссертационного исследования.

В качестве замечаний надо отметить следующее:

1. Результаты первой главы получены при весьма сильном требовании s -монотонности оператора M . В диссертации ничего не говорится о необходимости этого требования. Нельзя ли от него отказаться?
2. Возможно, для удобства пользователя было бы хорошо объединить разработанные программы, создав для них общий интерфейс.
3. К недостаткам оформления можно отнести некоторое количество грамматических ошибок, опечаток и описок. Например: на стр. 63 вектор индукции электрического поля D назван электрическим потенциалом.
4. В диссертации есть разные обозначения одинаковых по смыслу функций. Например: разные обозначения приближенных решений рассматриваемых задач на стр. 41 формула (1.5.3) и на стр. 59.

Приведенные замечания не уменьшают значимости представленных научных результатов и не влияют на общую оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа Е.А. Богатыревой "Аналитическое и численное исследования квазилинейных математических моделей квазистационарного процесса в проводящей среде и двухфазной фильтрации" представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для математического моделирования и численных методов. Полученные результаты имеют важное научное значение для специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Результаты диссертации являются новыми, строго обоснованы и получены автором самостоятельно. Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Богатырева Екатерина Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв подготовил кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, Какушкин Сергей Николаевич. Диссертационная работа и отзыв обсуждены, отзыв одобрен и утвержден на заседании кафедры прикладной математики и информатики, " 18 " ноября 2015 г., протокол № 3.

Кафедра прикладной математики и информатики МГТУ им. Г.И. Носова:
(3519) 38-06-04, pmvt@masu.ru

Старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики МГТУ им. Г.И. Носова, кандидат физ.-мат. наук

Сергей Николаевич
Какушкин

Первый проректор – проректор по научной и инновационной работе, доктор техн. наук

Михаил Витальевич
Чукин

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова"

455000, Россия, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38.

Сайт организации: <http://www.magtu.ru/>

Факс: +7(3519) 235-759

E-mail: mgtu@magtu.ru

