

ОТЗЫВ
Официального
оппонента
о диссертации Фахад Дульфикар Али на тему
«О компьютерной реализации некоторых задач фильтрации без
начальных условий в пористой среде»

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация посвящена некоторой математической модели процесса нестационарной фильтрации сжимаемой жидкости в пористой среде с наличием проточных и застойных зон. Исходным уравнением, описывающим такие процессы, является уравнение С.В. Голубева и Ю.И. Бабенко

$$a \frac{\partial^2 p(t, x)}{\partial x^2} = \nu \frac{\partial p(t, x)}{\partial t} + (1 - \nu) \gamma p(t, x) - (1 - \nu) \gamma^2 \int_0^t e^{\gamma(s-t)} p(s, x) ds,$$

коэффициенты которого зависят от доли объема проточных зон— ν , константы массы обмена между проточными застойными зонами— γ и коэффициентом пьезопроводимости— a .

В случае отсутствия застойных зон ($\nu = 1$) это уравнение является классическим уравнением диффузии. В общем случае уравнение С.В. Голубева и Ю.И. Бабенко с нестационарным условием $p(t, 0) = q(t)$ с целью

нахождения градиента давления $\left. \frac{\partial p(t, x)}{\partial x} \right|_{x=0}$ на границе области $x=0$.

В настоящей диссертации продолжается исследования уравнений С.В. Голубева и Ю.И. Бабенко в новых постановках. Здесь это уравнение рассматривается для случая, когда время изменяется на всей вещественной оси. На важность таких задач указывают Г. Баренблатт и Я. Зельдович, при постанове вопросов о свойствах явлений, которые не зависят от начальных условий или не зависят от деталей начальных условий, но вместе с тем система еще далека от состояния равновесия. Поэтому, их можно объединить названием «промежуточная асимптотика».

Такие асимптотики являются решениями вырожденных задач, в которых параметры независимых переменных обращаются в нуль или бесконечность.

Однако для того, чтобы решение вырожденной задачи представляло собой промежуточную асимптотику необходимо, чтобы оно было устойчиво относительно изменений малых возмущений, то есть вырожденная задача должна быть корректной.

В диссертации, именно с этой точки зрения, исследуются задачи без начальных условий, для уравнений, описывающих процессы субдиффузии, диффузии и фильтрации в пористых средах и приводятся алгоритмы их приближенных решений. В частности, сюда относятся модели субдиффузии и процессы фильтрации в пористой среде с проточными и застойными зонами.

Диссертация объемом 124 страницы состоит из введения и трех глав, разбитых на 23 параграфов, заключения и список литературы из 59 наименований. Работа содержит 8 рисунков и свидетельство о регистрации программ для ЭВМ № 2017661210. Во введении сформулированы цели и задачи, аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость результатов, представлены научные положения, выносимые на защиту. Первая глава содержит необходимые терминологию, понятия и общие фундаментальные факты, связанные с теорией корректных и некорректных задач для эволюционных уравнений. Подчеркивается важность корректной разрешимости при их численной реализации, позволяющей установить устойчивую стабилизацию сходимости приближенных решений к точному решению, что в настоящее время становится все более актуальным в условиях быстродействующей компьютерной реализации. Вторая глава посвящена постановке задачи фильтрации в пористой среде и исследованию ее корректной разрешимости. Выписывается явный вид решения краевой задачи для уравнения С.В. Голубева, устанавливается оценка корректности, и производится вычисление градиента давления на границе области. Третья глава посвящена анализу и численной реализации задачи фильтрации. Для этого строится разностная схема, особенностью которой является то, что число узлов по временной переменной увеличивается от слоя к слою. Доказывается устойчивость и сходимость этой разностной схемы. В четвертой главе проводится анализ уравнения С.В. Голубева с целью возможности автоматического регулирования процесса, и получения информации о параметрах ν и γ по результатам эксперимента, то есть решается обратная задача. В пятой главе приведена компьютерная программа реализации решения задачи фильтрации, с помощью которой

на тестовом примере демонстрируется рассеяние импульса давления в жидко проводящей магистрали, имеющей пористую структуру.

В качестве пожелания можно было бы продолжить исследования в следующем направлении: поскольку в диссертации вычисление параметров v и u проводится при фиксированном $a = 1$, то это позволяет получить решение в результате одного измерения в эксперименте. Интересно рассмотреть эту задачу и для случая, когда a также является свободным параметром. Так как известно, что для определения этого параметра одного измерения не достаточно уже при $v = 0$.

К числу замечаний отнесем некоторую перегруженность известными фактами, которые не используются в диссертации из общей теории дифференциальных уравнений. В частности, это относится к оценке (1.3.2) и формуле Ньютона-Лейбница (стр. 19). Это касается также и определения сильно непрерывной группы преобразований и ее свойств. Кроме того, работа не лишена опечаток и орфографических ошибок, количество которых не превышает допустимой нормы. Впрочем, эти замечания не умаляют значимость полученных в диссертации результатов и могут рассматриваться как пожелания дальнейших исследований. Все полученные в диссертации результаты являются новыми, строго доказаны и грамотно изложены.

1. В диссертационной работе предлагаются новые подходы анализа математических моделей, основополагающим математическим объектом которых являются нестационарные задачи для эволюционных уравнений, описывающих движение жидкости с двойственной структурой, учитывающей зоны смешения в пористой среде.

2. Установлена корректная разрешимость решений рассматриваемых граничных задач, описывающих такие процессы.

3. Указан регуляризирующий алгоритм численной реализации градиента давления, в проточной зоне, на границе области.

4. Решается обратная задача вычисления коэффициентов доли проточных зон и коэффициента теплообмена по результатам эксперимента.

5. Построена модель автоматического регулирования течения вязкой сжимаемой жидкости в пористой среде.

6. Построен алгоритм, который реализован в среде программирования Delphi и даны соответствующие рекомендации.

Материалы диссертации докладывались на Воронежской зимней математической школе в 2014 г., на Воронежской математической школе

"Понтягинские чтения" в 2013, 2014, 2017 гг., на Международной молодежной научной школе "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач" в 2012 г., а также на семинарах ВГУ по математическому моделированию (рук.— проф. В.А. Костин) и нелинейному анализу (рук.— проф. Ю.И. Сапронов, проф. Б.М. Даринский). Работа имеет теоретический характер. Результаты диссертации могут быть использованы в научных исследованиях, проводимых в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, Российском университете дружбы народов, Воронежском государственном университете, Воронежском государственном техническом университете, Военном учебно-научном центре военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» и других научных организациях. На основании изложенного считаем, что диссертация Фахад Дульфикар Али удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Старший преподаватель 81 кафедры
эксплуатации комплексов авиационного
вооружения (и прицельных систем)
ВУНЦ ВВС «ВВА» им. Профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина,
кандидат физико-математических
наук (специальность 05.13.18-Математи-
ческое моделирование, численные методы
и комплексы программ)

Марина Игоревна Ковалева

10 декабря 2020г.
394064, г. Воронеж, ул. Старых
Большевиков, 54 «А»
vaiu@mail.ru

8-(473)226-47-52

marinkov@mail.ru

Подпись Ковалевой М.И. заверяю.
Бригадир начальник отдела кадров
подполковник Р. Марляев

