

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертационную работу Аль-Кхазраджи Сундус Хатем
Маджид "О компьютерном моделировании некоторых задач
фильтрации в пористой среде представленную на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 05.13.18 — Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ.

Диссертация посвящена исследованию математической модели процесса нестационарной фильтрации сжимаемой жидкости в пористой среде с наличием проточных и застойных зон, описываемой феноменологическим уравнением, предложенным С.В. Голубевым

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

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 Голубева рассматривалось 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 его работе ответ дается в виде формального разложения в операторный ряд некоторого символического выражения. При этом сходимость ряда не обсуждается. Также не обсуждается и вопрос о представлении в явном виде общего решения рассматриваемой нестационарной задачи.

Однако, учитывая, что параметры ν и γ являются важными характеристиками в описании потока, в диссертации ставится и решается задача о выяснении меры влияния этих параметров на диффузионный процесс. При этом возникает проблема выбора метода исследования рассматриваемого уравнения. Так, если уравнение Голубева рассматривать как уравнение первого порядка по $t > 0$ с нестационарным начальным условием, то, принятый в таких случаях метод преобразования Лапласа, приводит к соотношениям неудобным для анализа и численных расчетов. В диссертации же предлагается другой подход, который оказывается более удачным с этой

точки зрения. Суть его заключается в том, что уравнение Голубева рассматривается как операторное уравнение второго порядка и ставятся задачи о нахождении его решений с граничными условиями Дирихле или Неймана. Этот подход позволяет применить фундаментальные результаты С.Г. Крейна о корректной разрешимости краевых задач с использованием широко разработанной теории сильно непрерывных полугрупп операторов, а также построить устойчивую разностную схему для реализации краевых задач.

Эти исследования соответствуют трем этапам решения ключевых вопросов в математическом моделировании, которые сформулированы в монографии А.А. Самарского и А.П. Михайлова.

На первом этапе происходит выбор эквивалента объекта, отображающий в математической форме законы и связи, которым объект подчиняется. Эта математическая модель исследуется теоретическими методами.

Второй этап — это выбор алгоритмов для реализации моделей на компьютере и их анализ с точки зрения корректной реализации, обеспечивающей сходимости и устойчивости приближенных решений к точному.

Третий этап заключается в создании и отладке компьютерной программы.

Диссертация объемом 105 страниц состоит из введения и пяти глав, разбитых на 18 параграфов, заключения и списка литературы из 60 наименований. Работа содержит 11 рисунков и свидетельство о регистрации программ для ЭВМ № 2015661487. Во введении указаны цели и задачи, поставленные в диссертации. Приводятся формулировки подходов и методов, которые используются для их решения.

В первой главе даются необходимые сведения из общей теории дифференциальных уравнений и краевых задач, применяемые в диссертации для исследования математических моделей фильтрации.

Вторая глава содержит самостоятельные результаты, связанные с применением фундаментальных методов при получении явного вида решений нестационарных задач для уравнения Голубева и установления оценок корректности.

Третья глава посвящена анализу модели автоматического регулирования течения жидкости и численной реализации разностной схемы, аппроксимирующей соответствующую граничную задачу.

В четвертой главе решается обратная задача о приближенном вычислении параметров ν и γ по отклику периодического сигнала.

Пятая глава содержит программную реализацию численного решения задачи фильтрации.

В качестве замечаний следует отметить, что некоторые понятия из общей теории, приведенные в диссертации, такие как сильно непрерывные группы

операторов, операторные косинус функции, при решении конкретной задачи не используются в диссертации в полной мере. 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.

Материалы диссертации докладывались на Воронежской зимней математической школе в 2014 г., на Воронежской математической школе "Понтрягинские 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, Вологодском государственном университете и других научных организациях. На основании изложенного считаю, что диссертация Аль-Кхазраджи Сундус Хатем Маджид удовлетворяет всем предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук требованиям по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
НИВЦ МГУ имени М.В. Ломоносова

05.11.2017

С.И. Пискарев

Подпись ведущего научного сотрудника
Пискарева С.И. заверяю
Директор НИВЦ МГУ имени М.В. Ломоносова
доктор физико-математических наук, профессор

119991, Москва,
Ленинские горы, 91, стр. 4
НИВЦ МГУ



А.В. Тихомиров

Электронная почта piskarev@gmail.com Тел. 8-499-191-53-12