

ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертационную работу PhD докторантки Блиевой Даны Назарбаевны на тему «Разработка алгоритма решения динамических уравнений пороупругости на основе спектрального метода», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060200-Информатика».

Актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений, так как содержит новые результаты исследований численно-аналитического решения начально-краевой задачи для симметрической t -гиперболической системы уравнений пороупругости. Данная задача имеет важное промышленное применение, поскольку моделирует распространение сейсмических волн в пороупругой среде, насыщенной жидкостью, характеризуемой такими физическими параметрами, как скорости распространения продольных и поперечных волн, физические плотности материалов среды и пористость твердого каркаса и применяется для сейсморазведки, как наиболее надежного геофизического метода, используемого для выявления нефтегазоносных объектов в геологических структурах, а также решающее значение для исследований в различных областях, таких как биомедицина, химическая инженерия, микро- и нанофлюидика.

Работа выполнена в соответствии приоритетным направлениям развития науки и государственным программам в рамках проекта грантового финансирования научных исследований КН МОН РК на тему «Математическое моделирование динамики упруго-деформируемых пористых сред с учетом частной зависимости коэффициента трения (с памятью)» (2017-2020 гг. №гос.регистрации 0118РК00126, шифр AP05131026).

Работа содержит как теоретические исследования, так и практическую реализацию для реалистичных данных с физическим смыслом в полном соответствии с экспериментальными наблюдениями. Автором получены следующие новые результаты:

- В результате теоретических исследований подтверждена корректность постановки исходной задачи, получено условие разрешимости задачи, выполнение которого обеспечивает необходимое и достаточное условия существования единственного решения, получено аналитическое выражение решения в явном виде с помощью применения интегральных преобразований Фурье-Лапласа.
- В диссертации представлен оригинальный алгоритм для компьютерного моделирования процессов распространения волн в сложных многофазных средах, реализованный с использованием явной противопоточной конечно-разностной схемы, построенной на шахматной (разнесенной) сетке с использованием параллельных вычислений. Использование метода разнесенных узлов разностной сетки позволило избежать осцилляций значений восьми функций решения для двумерного случая задачи и показало лучшее согласование результатов с экспериментальными данными. Показана устойчивость предложенной разностной схемы с помощью выбора размера временных и двух пространственных шагов в соответствии с критерием Фридрихса-Куранта-Леви.
- Предлагаемый алгоритм позволяет эффективно использовать распараллеленные вычисления на современной компьютерной технике с многоядерными процессорами. Благодаря усовершенствованию высокопроизводительных современных вычислительных систем внедрение нового подхода к технологии компьютерного моделирования может сыграть решающую роль в области обработки и интерпретации данных и в других приложениях.
- Разработан удобный интерфейс на языках Html, Java Script, Python с визуализацией результатов численных экспериментов с полностью контролируемыми исходными данными, позволяющий надежно проверять гипотезы и формулировать критерии проявления подвижности флюидов в сейсмических данных. Программный код,

реализующий моделирование с помощью параллельных вычислений, разработан на высокопроизводительном языке программирования Julia, разработанный для работы со сложными моделями данных и отличается простотой, высокой производительностью и скоростью.

- Проведены вычислительные эксперименты на реальных данных по нефтяным пластам и получена динамическая визуализация решений, согласующаяся с моментами прихода первых волн.

В настоящей диссертации детально раскрыта теоретическая часть, так и вычислительный метод с практическими численными экспериментами, проведенными на основе различных наборов реальных данных физических параметров. Продемонстрирована эффективность разработанного алгоритма численного метода решения поставленной задачи пороупругости. В ходе работы над диссертацией докторантка проявила высокий уровень самостоятельности, хорошо обосновала актуальность проводимых исследований.

Содержание диссертации отражает тему диссертации, цель и задачи соответствуют теме. Все разделы и положения диссертации логически полностью взаимосвязаны. Предложенные автором новые решения задачи аргументированы и присутствует критический анализ оценки по сравнению с известными ранее решениями. Научные результаты, положения, выводы и техническая реализация алгоритма решения задачи являются полностью новыми. Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора.

В ходе исследовательской работы докторантка опубликовала 15 научных статей по теме исследования, в том числе 2 статьи опубликованы в журналах, индексируемых в научных базах Scopus и Web of Science (Q1), 9 статей в материалах международных конференций и 4 статьи в журналах, рекомендованных КОКСОН МОН РК.

Докторантка прошла исследовательскую стажировку в Университете Сантьяго де Компостела (Испания) в период с июля по ноябрь 2021 года. В период прохождения стажировки докторантка выполняла работы с зарубежным научным консультантом по теме диссертационного исследования.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Блиевой Даны Н. удовлетворяет требованиям получения степени доктора философии (PhD) по программе докторантуры по специальности «6D060200-Информатика».

Научный консультант:

д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник РГП ПВХ «Институт информационных и вычислительных технологий» КН МНВО, заведующий кафедрой математики и математического моделирования КазНПУ имени Абая.



Бердышев А.С.