

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Алексеева Михаила Владиславовича

«Математическое моделирование термомеханических процессов в многофазных средах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Темой диссертационной работы М.В. Алексеева является разработка математических моделей, вычислительных алгоритмов и их программной реализации для анализа многофазных гидродинамических течений. Особенностью работы является использованием чисто эйлеровых полностью неравновесных многоскоростных математических моделей типа Баера-Нунциато. Тематика работы является актуальной, что обусловлено как непосредственно составом и качеством представленных в диссертационной работе результатов (разработаны новые математические модели, вычислительные алгоритмы, программная реализация промышленного качества, выполнены расчеты валидационного и верификационного характера), так и актуальностью прикладной составляющей исследования - в настоящее время разработке эйлеровых подходов для анализа многофазных течений с прямым разрешением динамики границ раздела фаз уделяется значительное внимание с точки зрения задач механики сплошной среды со «сверхбольшими» деформациями.

Автором диссертации разработана новая математическая модель типа Баера-Нунциато для описания двухфазных течений с учетом гиперупругого поведения фаз. Следствием построенной модели являются классические варианты модели типа Баера-Нунциато с шаровым тензором напряжений. Для таких моделей в работе предложен вычислительный алгоритм на основе разрывного метода Галеркина. Его ключевым компонентом является оригинальный алгоритм лимитирования простых и консервативных переменных, обеспечивающих корректные значения физических величин (например, положительность объемных долей фаз). Практическая ценность работы обусловлена разработанным параллельным программным комплексом, пригодным для решения задач актуальных сеточных размерностей.

Основные результаты диссертации, полученные автором, включают в себя математическую модель типа Баера-Нунциато с гиперупругим поведением фаз; вычислительный алгоритм для решения гиперупругих задач с неоднородным распределением свойств и уравнений типа Баера-Нунциато с шаровым тензором напряжений; программный комплекс, позволяющий проводить моделирование двухфазных течений.

К достоинствам работы можно отнести то, что построенная математическая модель практически не имеет аналогов, при этом ее вывод выполнен обоснованным способом с применением методов современной рациональной механики сплошной среды; уровень

проработки алгоритмических вопросов и программной реализации позволяет применять результаты работы для решения задач в актуальных промышленных постановках.

В ходе работы над диссертацией автор работы проявил себя как квалифицированный состоявшийся исследователь, способный самостоятельно и осмысленно перейти от физической постановки задачи к ее физико-математической формализации, разработке алгоритмов и программной реализации. Полученные результаты актуальны, обладают новизной и бесспорно соответствуют современному мировому уровню. Автор на одинаково высоком уровне владеет методами рациональной механики сплошной среды, современной теорией вычислительных методов, в том числе для решения неконсервативных гиперболических задач, методами и средствами и методами современного программирования.

Учитывая сказанное, считаю, что диссертационная работа М.В. Алексева представляет собой законченную квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне, отвечает требованиям положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, а ее автор Алексей Михаил Владиславович безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный руководитель,  
д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник,  
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Савенков Е.Б.

14.03.2023

**Подпись Савенкова Е.Б. заверяю.**

Ученый секретарь  
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,  
к.ф.-м.н.



А.А. Давыдов

марта 2023 г.