

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации  
Мишина Алексея Владимировича  
«ФОРМАЛИЗМ ОБОБЩЕННОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ДЛЯ АНАЛИЗА  
ГЕТЕРОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальностям

1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы,  
1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа посвящена теоретическому исследованию гетерогенных сред, представляющих собой структурно-неоднородные системы из однородных фаз с различными физико-химическими свойствами, и наличием поверхностей раздела. Интерес к гетерогенным средам в последнее время обусловлен также применением аддитивных технологий, основанных на использовании управляемого лазерного воздействия. Данные технологии предполагают разработку моделей, отражающих как физику и механику гетерогенного состояния, так и описание поведения гетерогенных сред.

**Актуальность работы** обусловлена необходимостью комплексного описания гетерогенного состояния и обоснования моделей, в том числе аналитических, позволяющих прогнозировать прочностных и теплофизических свойств гетерогенных сред.

### **Научная и практическая значимость.**

Научная значимость обусловлена необходимостью решения проблемы обоснования моделей гетерогенных сред, отражающих связь механизмов переноса с параметрами микроструктуры (геометрию и физические свойства фаз) с учетом конфигурации внутренних границ, разделяющих фазы с разными физическими свойствами.

Практическая значимость исследования заключается в формулировке моделей, позволяющих учесть микроструктуру гетерогенных сред, коллективного взаимодействия фаз с возможностью применения к получению материалов аддитивными технологиями, в том числе, управляемым лазерным воздействием.

**Научная новизна** обосновывается, тем, что:

- на основе индикаторной функции, входящей в функционал внутренней энергии, и с использованием вариационного исчисления, получено выражение для обобщенной производной, учитывающее влияние внутренних границ гетерогенной среды, разделяющих фазы с разными физическими свойствами;
- на основе введенного формализма сформулирована задача многих тел для гетерогенной среды и найдено ее решение с использованием функции Грина, описывающее коллективное влияние фаз в гетерогенной среде;
- полученные эффективные коэффициенты переноса обобщены на случай заданной размерности пространства и интегрально учитывают микроструктуру системы (упругие, вязкоупругие, электрические свойства фаз и характерные размеры);
- из анализа найденных эффективных коэффициентов предсказано наличие несущей фазы и структурного фазового перехода для гетерогенных сред с существенно различающимися свойствами фаз;
- разработана математическая модель, учитывающая процесс растворения и протекание химической реакции, позволяющая контролировать состав и свойства конечной структуры;

- определен структурный вид коэффициента пропорциональности (для высокопористых сред) в законе Дарси, отражающий микроструктуру среды и согласовывающийся с экспериментом.

**Достоверность** результатов диссертационной работы обеспечивается методологией исследования с использованием операторных методов, теории вероятностей и функционального анализа, аппарата функций Грина, метода условного осреднения, преобразование Фурье; сопоставлением полученных результатов с экспериментальными данными.

Основные результаты отражены в 8 статьях (из них 6 в научных изданиях, индексируемых в Web of Science/Scopus), представлены на конференциях высокого уровня.

**По содержанию автореферата уместным является следующее замечание.**

Представляется целесообразным обсуждение формализма обобщенной производной в сопоставлении с подходами нелокальных теорий поведения гетерогенных сред, впервые введенных в работах Гинбурга, Ландау, Кунина, использованных в моделях Айфантиса и ряда других авторов. Имеются замечания по уточнению ряда формулировок по тексту автореферата.

В целом диссертация А.В. Мишина выполнена на высоком научном уровне, соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации **Алексей Владимирович Мишин заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук** по специальностям 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы, 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

Зав. лабораторией физических основ прочности ИМСС УрО РАН,  
д. ф.- м. н., 01.04.07, профессор

Олег Борисович Наймарк

"Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук" - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ("ИМСС УрО РАН")  
614013, Россия, г. Пермь, Академика Королева,1,  
сайт: [www.icmm.ru](http://www.icmm.ru),  
телефон: +7 (342)237 83 12,  
электронная почта: [naimark@icmm.ru](mailto:naimark@icmm.ru)

Я, Наймарк Олег Борисович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Мишина Алексея Владимировича, и их дальнейшую обработку.

Подпись зав. лабораторией, профе

яю.

Учёный секретарь ИМСС У  
кандидат физ.-мат.наук

/ Н.А.Юрлова