

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу

Каримова Сунната Бахтияровича

«Моделирование нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями методом асимптотического осреднения»,

представленную на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук по специальности

1.1.8. – «Механика деформируемого твёрдого тела»

Актуальность работы обусловлена широким использованием композиционных материалов в современных инженерных конструкциях, работающих в условиях значительных деформаций и нелинейного деформирования. Особое значение подобные материалы имеют для задач машиностроения, авиационной техники, транспортной промышленности, а также при проектировании амортизирующих и эластомерных элементов. В диссертации рассмотрены композиционные материалы со сложной периодической структурой армирования, включая тканевые и дисперсно-армированные композиты. Автором предложен вариант метода асимптотического осреднения для нелинейно-упругих сред с конечными деформациями, основанный на использовании универсальных полулинейных моделей упругости. Существенным достоинством работы является отказ от дополнительных предположений о симметрии ячейки периодичности, что расширяет область применимости разработанной методики.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- разработан вариант метода асимптотического осреднения для композиционных материалов с конечными деформациями и сложной трёхмерной структурой армирования;

- предложен итерационный метод решения нелинейных локальных задач на полной ячейке периодичности без использования предположений о её симметрии;
- разработана методика построения аналитических эффективных определяющих соотношений для нелинейно-упругих периодических сред на основе численного решения локальных задач;
- предложен подход к решению многомасштабных задач нелинейной упругости для конструкций из композиционных материалов.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием фундаментальных положений нелинейной теории упругости, метода асимптотического осреднения, вариационных принципов и метода конечных элементов. Все этапы построения математической модели изложены последовательно и логически обоснованы. Полученные результаты согласуются с физическими представлениями о поведении композиционных материалов при больших деформациях.

Практическая значимость работы состоит в возможности использования разработанных методик для расчёта и проектирования конструкций из нелинейно-упругих композиционных материалов. Полученные эффективные определяющие соотношения и разработанные численные алгоритмы могут применяться при многомасштабном моделировании элементов конструкций, в частности амортизаторов, шин и других изделий, содержащих эластомерные композиционные материалы.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 12 научных работах, включая 4 публикации, входящие в перечень ВАК РФ. Результаты работы докладывались на всероссийских и международных научных конференциях и научных форумах.

Работа изложена на 155 страницах, состоит из введения, трёх глав, заключения и выводов. Список литературы содержит 91 наименование.

Во введении представлен обзор литературы, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, представлены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения, выносимые на защиту, а также дана информация о публикациях автора и апробации работы.

В первой главе выполнена постановка задачи нелинейной теории упругости для периодических сред с конечными деформациями, разработан вариант метода асимптотического осреднения и сформулированы локальные задачи на ячейке периодичности. Значительное внимание уделено конечно-элементной реализации метода и построению итерационной процедуры решения нелинейных задач.

Во второй главе предложена методика построения аналитических эффективных определяющих соотношений для изотропных и ортотропных нелинейно-упругих сред на основе аппроксимации диаграмм деформирования, полученных в результате решения локальных задач. Приведены примеры определения параметров моделей осреднённых материалов.

Третья глава посвящена решению многомасштабных прикладных задач нелинейной упругости для композиционных материалов. Рассмотрены задачи деформирования амортизатора и шины из композиционного материала при действии внешних нагрузок.

В заключении и выводах представлены основные результаты диссертационной работы.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В работе встречаются отдельные неточности в оформлении формул и обозначений, что несколько затрудняет восприятие материала. Есть замечания к согласованию падежей.

2. Некоторые этапы вывода определяющих соотношений и переходов при построении асимптотических разложений изложены достаточно компактно и могли бы быть дополнительно пояснены.

3. Представляло бы интерес более подробное сравнение разработанной методики с существующими подходами численной гомогенизации для задач с конечными деформациями.

Отмеченные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы и не влияют на научную ценность полученных результатов.

Автореферат достаточно правильно и полно отражает основное содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа Каримова Сунната Бахтияровича на тему «Моделирование нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями методом асимптотического осреднения» представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации, к кандидатским диссертациям, установленным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 16.10.2024), а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела».

Официальный оппонент
профессор кафедры газовой и волновой
динамики механико-математического
факультета МГУ имени М. В. Ломоносова,
д.ф.-м.н., профессор

Звягин А. В.

28.05.2026

Адрес места работы:
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы,
д. 1.

Подпись А. В. Звягина заверяю:

Декан механико-математического факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова Чл.- Корр. РАН



Шафаревич А.И.

С отзывом ознакомлен 09.06.2026 Каримов С.Б.