

## Отзыв научного руководителя

о диссертанте Харченко Кирилле Дмитриевиче и его диссертации на тему «Исследование функционально-градиентных свойств сред с полями дефектов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 - «Механика деформируемого твердого тела».

Харченко Кирилл Дмитриевич является выпускником кафедры «Прочность авиационных и ракетно-космических конструкций» ФГБОУ ВО Московский авиационный институт (Национальный исследовательского университет), которую он окончил в 2013 году по специальности «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», с отличием. Затем Харченко К.Д. продолжил обучение в очной целевой аспирантуре на кафедре 603 МАИ. В ходе учебы в аспирантуре диссертант освоил новые для себя разделы механики деформируемого твердого тела, связанные с развитием и применением обобщенных моделей механики сплошной среды с полями дефектов и вариантов градиентной теории упругости.

**Актуальность темы** определяется тем, что для адекватного описания многих современных материалов с микроструктурой (КМ с микро- и нановключениями, керамик, пористых материалов) возникает необходимость развития обобщенных моделей механики сплошных сред, позволяющих учитывать масштабные эффекты. К моделям такого типа относятся среды с полями дефектов и градиентные модели сред. Среда с полями дефектов – дислокациями могут использоваться для описания, например, пластических свойств материала, эволюции пористости в окрестности концентраторов напряжений. С другой стороны, возникают иные проблемы, когда искусственно полученные существенно неоднородные материалы (метаматериалы) требуется описывать в рамках

континуальных моделей, для того чтобы иметь возможность использовать в дальнейшем методы механики для оценки НДС таких материалов и конструкций из них.

При этом возникает следующая проблема. В то время как для классических моделей МДТТ, прикладной ТУ, классической механике КМ известны методы оценки прочности, методики оценки накоплений повреждений, для неклассических моделей, эта проблема, вообще говоря, пока не имеет решения. Поэтому тема диссертации, в которой устанавливается соответствие между обобщенными средами с полями дефектов и градиентной теорией с одной стороны и изотропными классическими средами, но с переменными по координатам характеристиками с другой стороны является актуальной. Это позволяет распространить методы механики разрушения на решения, полученные в рамках обобщенных моделей.

К **новым результатам**, полученным в диссертационной работе, относится:

- Доказательство возможности сводимости градиентной модели дефектной среды к неоднородной градиентной модели неповрежденной среды, а затем к модели классической неоднородной среды.
- Для среды с полями дефектов общего вида установлена энергетическая эквивалентность изотропной классической среды с функционально-градиентными свойствами. Представлен алгоритм определения переменных характеристик классической среды по решению, найденному для сред с полями дефектов.
- Получение алгоритма и соотношений, позволяющих осуществить вычисление компонентов переменного по координатам тензора адгезионных модулей четвертого ранга теории градиентных деформаций.

- На примере среды с полями дефектов – порами показано, что такие среды проявляют эффекты зависимости свойств от типа нагружения.
- В качестве приложения показывается, что соответствие между градиентными средами может быть использовано для приближенной оценки функционально-градиентных свойств в окрестности волокна и матрицы с вискеризованным межфазным слоем, оценки возможного усиления или наоборот деградации свойств.

**Достоверность** полученных результатов подтверждается сопоставлением полученных теоретических результатов с тестовыми аналитическими решениями частных задач и непротиворечивостью полученных результатов физическому смыслу. А также соответствием установленных оценок результатам экспериментов, опубликованных в открытых источниках.

**Практическая ценность** работы состоит в том, что полученные соотношения можно использовать для создания корректных моделей существенно неоднородных сред и прогнозирования их поведения, а также адаптации современных САПР к расчетам такого рода. К прикладным результатам можно отнести исследование дисперсионных соотношений для пористых сред. Показано, что модель пористых сред прогнозирует эффекты запирания для определенных длин волн. Полученная модель также позволяет прогнозировать поведение ауксетиков, проявляющих функционально-градиентные свойства.

**Основные результаты**, полученные в диссертационной работе, изложены в восьми печатных работах, три из которых – в журналах из списка ВАК.

Диссертация Харченко К.Д. является законченной научно-квалификационной работой, в которой получены значимые результаты в рамках механики деформируемого твердого тела. Диссертация соответствует критериям, установленным положением ВАК РФ о порядке

присуждения ученых степеней и званий.

Харченко К.Д. является квалифицированным специалистом в области механики деформируемого твердого тела и заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – “Механика деформируемого твердого тела”.

Научный руководитель:

профессор, доктор технических наук,  
главный научный сотрудник ФГБУН  
ИПРИМ РАН

  
С.А. Лурье

Подпись С.А. Лурье заверяю

Ученый секретарь ФГБУН ИПРИМ РАН

  
Ю.Н. Карнет

