

## ОТЗЫВ

официального оппонента Радченко Валерия Петровича

на диссертационную работу

**Маковского Сергея Владимировича**

**«Динамические характеристики модифицированных**

**волокнистых композитов с вискеризованными волокнами»**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

### **Актуальность темы диссертационной работы**

В настоящее время активно развиваются технологии получения современных волокнистых композитов, в которых для повышения сдвиговых свойств композита на круговой поверхности углеродных волокон выращены нано-проволоки (вискерсы) и углеродные нанотрубки (волокна «fuzzy»). Проведенные исследования показали, что для подобных систем существенно повышается сдвиговая прочность межфазной границы (интерфейса). Т.е. для композиционных материалов с вискеризованными волокнами реализуются более высокие характеристики прочности и жесткости при сдвиге по сравнению типовыми композитами, без модификации поверхности волокон. Кроме того, присутствие этих же микроструктур на границах фаз повышает трансверсальную прочность и жесткость, а также демпфирующие характеристики. Важно отметить, что улучшение свойств композитов зависит от характеристик вискерсов, выращенных на поверхности волокна и матрицы межфазного слоя. Композиционные материалы на их основе являются современными мультифункциональными композиционными материалами, потому что различные свойства композитов на прочность, жесткость, демпфирование,

Григорьев -

Отдел документационного  
обеспечения МАИ  
11 12 2022

усталость, и электро- и теплопроводность могут быть улучшены одновременно. В связи с этим прогнозирование свойств модифицированных подобным образом волокнистых композитов представляет теоретический и практический интерес. Поэтому тема диссертации, посвященная моделированию динамических характеристик модифицированных волокнистых композитов вискеризованным межфазным слоем, и разработке методов аналитической оценки эффективных свойств межфазного слоя и композита в целом, несомненно является актуальной.

**Научная новизна** состоит в предложенном подходе оценки динамических характеристик, основанном на двухэтапном моделировании, который заключается в определении характеристик вискеризованного слоя, как отдельной волокнистой структуры, с учетом геометрических и механических параметров его компонент на первом этапе, и определении эффективных характеристик модифицированного композита в целом, с учетом полученных на первом этапе характеристик вискеризованного слоя.

**Достоверность** результатов основана на использовании в работе строгих подходов теории упругости, механики композитов и апробированных математических методов осреднения, а также совпадением полученных автором результатов, с приведенными в литературе экспериментальными данными и результатами решения аналогичных проблем для дисперсных и волокнистых композитов в работах других авторов, в том числе с результатом прямого численного моделирования методом асимптотического осреднения.

**Практическая ценность** заключается в возможности получения на базе модифицированных волокнистых композиционных материалов нового поколения с высокими демпфирующими свойствами при сохранении их механических показателей и возможности применения более простого

метода осреднения типа Рейса для проведения экспресс оценок эффективных диссипативных характеристик вискеризованного слоя и модифицированного композита в целом, что позволит значительно снизить трудоемкость определения свойств модифицированных композитов и изготовленных на их основе конструкций.

### **Замечания по работе**

1. Ссылки на несуществующие формулы (2.205) и (2.206) на с.80
2. Несоответствие ссылок на формулы из первой главы их значению, из-за чего приходится полагаться на их описание или догадываться об их значении.
3. Встречаются орфографические и стилистические ошибки, а также опечатки и прочие неточности, что отражается на восприятии работы. Так, например, одинаковое название п.2.2.4 и п.2.2.5, ссылка на с.83 при определении модуля  $E_{22}$  на п.2.2.1, в котором определяется  $\mu_{23}$  и прочие
4. Некоторая небрежность в оформлении работы, которую демонстрирует различный отступ номеров формул от правого края страницы на протяжении работы, малый шрифт на Рис.1.10, Рис.1.17, Рис.3.1.б оттягивает на себя часть внимания при изучении работы.
5. Малая информативность графиков Рис.3.3 и Рис.3.4 (в) и (г) из-за плохо подобранного масштаба, который следовало бы показать по типу графиков на Рис.3.6, с учетом диапазона значений концентраций, показанного на Рис.3.1.б, приходится полагаться на значения в описании.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности результатов, полученных автором в диссертационной работе.

Результаты представляют несомненный интерес для проектирования модифицированных волокнистых композитов и конструкций с их применением. Проблемы, решению которых посвящена данная работа, актуальны, полученные результаты достоверны.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Полученные результаты достаточно полно описаны в публикациях автора. Таким образом, рецензируемая диссертация удовлетворяет всем критериям, установленным Положением «О порядке присуждения учёных степеней», а ее автор, Маковский С.В. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

**Официальный оппонент**

Кандидат технических наук,  
Заместитель Генерального директора –  
главный конструктор направления,  
ПАО «Радиофизика», г. Москва.



Радченко В.П.  
11.12.2020

Почтовый адрес: 125363, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, д 10

Телефон: +7 985 761 90 94

Электронная почта: v.radchenko@radiofizika.ru

Подпись к.т.н., Радченко Валерия Петровича, заверяю:

Начальник отдела кадров



Добрынина М.Ю.