

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и  
информационным технологиям  
ФГБОУ ВО «Ульяновский  
государственный университет»  
д.ф-м.н., профессор

Голованов В.Н.



(ПОДПИСЬ)

2017г.

10.03.2017 № 455/02-19-10

### ОТЗЫВ

**ведущей организации на диссертационную работу  
Эстрады Мезы Марии Гуаделупы  
«Анализ динамического поведения вязкоупругих балок  
при ударных воздействиях с использованием моделей,  
содержащих дробные операторы»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 01.02.04 – механика  
деформируемого твёрдого тела**

Диссертация Э. М. М. Гуаделупы посвящена анализу динамического поведения вязкоупругих балок при ударных воздействиях. Эта задача была и продолжает оставаться актуальной: свойства соударяющихся тел изменяются в области контакта, появляются трещины, развитие которых повреждает элемент строительной конструкции, и в конечном счёте может привести и к разрушению самой конструкции. Происходящие при этом процессы как микро- так и макроскопического порядка формируют особый тип механического поведения, называемый наследственностью (или памятью). Описание свойств этого процесса с целью предсказания поведения материалов в конкретных ситуациях остаётся актуальной задачей современного материаловедения и строительной механики.

Математическое описание поведение материалов с памятью нуждается в аппарате, включающем в себя интегральные операторы запаздывания. Множество интегральных операторов, различающихся своими ядрами, чрезвычайно разнообразно, выбор конкретного вида для каждого случая кажется довольно произвольным и неединственным, что затрудняет не только сравнительный анализ моделей, но и их физическую интерпретацию, сводясь, по существу, в численную аппроксимацию, не предполагающую физической интерпретации. В этом отношении, выбор в качестве математической основы разрабатываемых моделей подмножества интегральных операторов, являющихся продолжением (по своим свойствам) семейства дифференциальных операторов эффективно решает проблему выбора. Теория неупругих деформаций в свете этого подхода предстаёт как своего рода «аналитическое продолжение» классической теории упругости, основанной на дифференциальных операторах целых порядков, в область нецелых порядков. Помимо выявления путём сравнительного анализа особенностей физического процесса упругих и неупругих деформаций, этот факт (своего рода «принцип соответствия» -- согласованность решений дробно-дифференциального уравнения с обычным при целом порядке производной) даёт дополнительную возможность подтверждения достоверности результатов.

Несмотря на то, что дробно-дифференциальное исчисление известно ещё со времён Римана и Лиувилля, случаи его применения к решению механических задач нечасты, и каждый результат, полученный в рамках этого, прямо скажем, нетривиального подхода, выглядит эффектно не только в силу новизны формулировки в терминах дробно-дифференциального исчисления, но и в силу новых аспектов физической интерпретации, связанных со степенным поведением ядер операторов.

Новизна подхода повлекла за собой и новизну в конструкции модели: решая известную, вообще говоря, задачу об ударе упругого шара по вязкоупругой балке, диссертант представила вязкоупругие свойства балки вне области контакта классической моделью стандартного линейного тела, а в зоне контакта – моделью стандартного линейного тела с дробными производными. Физическая мотивация выбора, данная автором, основана на возможности разрыва поперечных связей между длинными молекулами, приводящей к изменению вязкости в системе «мишень-ударник».

В момент удара в зоне контакта происходит зарождение продольной и поперечной ударных волн (поверхностей сильного разрыва), которые затем

распространяются вдоль вязкоупругой балки с упругими скоростями. По этой причине решение за фронтами ударных волн, (вне области контакта) строится при помощи лучевых рядов, коэффициенты которых находятся из определяющей системы уравнений при помощи кинематических и геометрических условий совместности. В самой же зоне контакта решение находится с помощью обобщенной теории Герца, приводящей в конечном итоге к линейным комбинациям дробных операторов.

На защиту диссертантом вынесены следующие положения:

1) обобщение волновой теории удара, разработанной ранее Ю.А. Россиным и М.В. Шитиковой для анализа ударного взаимодействия упругих тел, на случай ударного взаимодействия шара с вязкоупругой мишенью в виде балки Тимошенко с учетом растяжения ее срединной поверхности;

2) анализ динамического поведения упругой балки Бернулли-Эйлера под действием контактной силы в вязкой среде при помощи введения в рассмотрение нового структурного параметра для описания демпфирующих свойств среды за счет использования производной дробного порядка;

3) приближенное аналитическое решение задач ударного взаимодействия вязкоупругих, упругих или жестких ударников с вязкоупругими балками с использованием малого параметра, в качестве которого выступает время протекания ударного процесса.

Формулировки не совсем удачные (см. замечания в конце отзыва), но указанные вычисления проведены, проанализированы и на их основе сделаны конкретные выводы. Показано, в частности, что при изменении параметра дробности (порядка дробной производной) от нуля до единицы (что соответствует увеличению вязкости ударника) максимум контактной силы уменьшается, а время контакта ударника и мишени увеличивается. Этот и другие выводы диссертации имеют важное теоретическое значение и могут быть полезны в расчётах и проектировании соответствующих строительных конструкций.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью математических выкладок, выполнению «принципа соответствия» и совпадением с известными результатами других авторов. Свидетельством достоверности является и тот факт, что результаты апробированы на пяти российских и международных научных конференциях, опубликованы в 6

научных работах, 3 из которых в международных научных изданиях, проиндексированных в базах данных Web of Science и Scopus.

Диссертация объёмом 120 страниц написана на хорошем русском языке, текст сопровождается поясняющими рисунками, достаточно представителен библиографический список. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

#### ЗАМЕЧАНИЯ:

1. Не очень содержательная формулировка выносимых на защиту 2-го и 3-го положений: «анализ динамического поведения...», «приближенное аналитическое решение...» Ответы на такие формулировки не требуют ни серьёзного анализа, ни защиты, достаточно показать: вот анализ, вот решение. Сами положения должны быть утверждениями о «вновь открывшихся обстоятельствах дела», а вся диссертация – их доказательством.

2. Нельзя сказать, что диссертанту удалась микроскопическая мотивация введения дробно-дифференциального аппарата, без которой проблема определения порядка производной (называемого диссертантом показателем дробности) и других постоянных остаётся проблемой подбора, что несколько снижает потенциал разработанной модели.

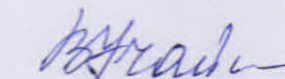
Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы и не затрагивают существа защищаемых положений и выводов.

Диссертация по своему содержанию и оформлению отвечает требованиям п. 9, 10, 11, 13, 14 Положения "О порядке присуждения ученых степеней" утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 21.04.2016), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, соответствует паспорту научной специальности 01.02.04 – механика деформированного твёрдого тела, области исследования «теория моделей деформированных тел с простой и сложной структурой» и «теория накопления повреждений, механика разрушения твёрдых тел и критерии прочности при сложных режимах погружения», а ее автор Эстрада Меза Мария Гуаделупа – заслуживает

присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Сообщение по материалам диссертации и автореферат были заслушаны, обсуждены и одобрены на заседании кафедры теоретической физики ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», протокол № 7 от 9 марта 2017г.

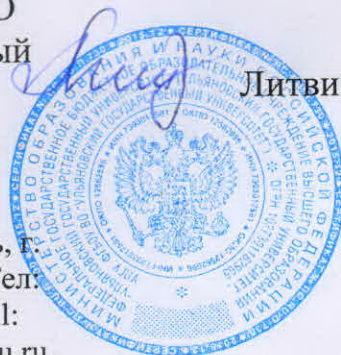
Заведующий кафедрой  
теоретической физики ФГБОУ ВО  
«Ульяновский государственный  
университет»,  
доктор ф.- м. наук, профессор



Учайкин Владимир Васильевич

Подпись В.В.Учайкина заверяю

Учёный секретарь ФГБОУ ВО  
«Ульяновский государственный  
университет»



Литвинко Ольга Александровна

ФГБОУ ВО «Ульяновский  
государственный университет»,  
адрес: 432017, Ульяновская область, г.  
Ульяновск, ул. Л.Толстого, д. 42; Тел.  
(8422) 41-20-90 (приемная), e – mail:  
[contact@ulsu.ru](mailto:contact@ulsu.ru), Web-сайт: [www.ulsu.ru](http://www.ulsu.ru)