

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «ВГТУ»



Д.т.и. профессор Дроздов И.Г.

2017 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Диссертация «Анализ динамического поведения вязкоупругих балок при ударных воздействиях с использованием моделей, содержащих дробные операторы» выполнена в международном научном центре по фундаментальным исследованиям в области естественных и строительных наук при кафедре информационных технологий и автоматизированного проектирования в строительстве.

В период подготовки диссертации соискатель Мария Гуаделупе Эстрада Меца, гражданка Мексики, обучается в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВГТУ») по специальности «механика деформируемого твердого тела» по направлению Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках межправительственного соглашения между Российской Федерацией и Мексикой, аспирант.

В 2008 году окончила Университет Гуанахуато в Мексике. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки своим распоряжением от 12.09.2016 № 2409-06 выдало Свидетельство с регистрационным номером 216081124057 о признании соответствия диплома о высшем образовании, выданном в Мексике, высшему образованию – специалитет по направлению подготовки Архитектура с присвоением квалификации Архитектор.

Справка об обучении (Регистрационный номер А2271) с указанием сведений о сданных кандидатских экзаменах выдана 20.12.2016 Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Воронежский государственный технический университет».

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, профессор Шитикова Марина Вячеславовна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», профессор кафедры информационных технологий и автоматизированного проектирования в строительстве, главный научный руководитель международного научного центра по фундаментальным исследованиям в области естественных и строительных наук ФГБОУ ВО «ВГТУ».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность темы и направленность исследования. Элементы строительных конструкций часто подвергаются ударным воздействиям при погрузке и разгрузке, транспортировке, монтаже, а также в процессе эксплуатации. При этом ударные воздействия могут вызывать появление трещин и даже разрушение этих элементов, что в конечном счёте может привести к повреждению конструкции в целом.

Поскольку балки используются в качестве конструктивных элементов во многих отраслях промышленности и техники, то изучение их динамического поведения при ударных воздействиях является весьма актуальным.

Диссертация посвящена анализу динамического поведения вязкоупругих балок при ударных воздействиях с использованием моделей, содержащих дробные операторы. При изучении колебаний упругой балки Бернулли-Эйлера под действием контактной силы в вязкой среде для описания демпфирующих свойств среды применялась производная дробного порядка, что позволило ввести в рассмотрение новый структурный параметр. Исследование ударного взаимодействия вязкоупругой балки типа Тимошенко проводилось на основе обобщения волновой теории удара на случай растяжения срединной поверхности вязкоупругой мишени.

Данные научные исследования выполнялись в соответствии с планом научно-исследовательских работ международного научного центра по фундаментальным исследованиям в области естественных и строительных наук ФГБОУ ВО «ВГТУ» в рамках международного проекта РФФИ и Национального научного фонда Тайваня «Использование дробных операторов Ю.Н. Работнова для описания динамического поведения бетонных конструкций в процессе удара» (проект № 14-08-92008).

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации. Все исследования, изложенные в диссертационной работе, проведены лично соискателем или совместно с научным руководителем в процессе научной деятельности. В совместных публикациях диссертант участвовала в решении задач, поставленных перед нею руководителем, лично проводила все численные исследования.

Достоверность базируется на корректной математической постановке задач. Полученные в работе результаты согласуются с общими физическими представлениями. Правильность полученных результатов определяется корректностью математических выкладок и сопоставлением с известными результатами других авторов. При стремлении параметра дробности к единице полученные решения переходят в известные решения для производных целого порядка.

Научная новизна.

1. Впервые предпринята попытка разработать универсальный метод, позволяющий получать определяющие интегро-дифференциальные уравнения, учитывающие вязкоупругие свойства соударяемых тел, которые задаются соотношениями Больцмана-Вольтерра с наследственным ядром Ю.Н. Работнова.

2. Решена задача об ударе вязкоупругого шара по упругой шарнирно опертой балке Бернулли-Эйлера, находящейся в вязкой среде. Вязкоупругие свойства ударника описываются моделью стандартного линейного тела с дробной производной, а демпфирующие свойства среды – моделью Кельвина-Фойгта с дробной производной, при этом параметры дробности ударника и среды имеют разные значения. Решение задачи вне области контакта строится при помощи функции Грина, а в зоне контакта – с использованием обобщенной теории Герца.

3. Волновая теория удара, разработанная ранее Ю.А. Россихиным и М.В. Шитиковой, была обобщена на случай растяжения срединной поверхности вязкоупругой мишени в виде балки.

4. Решена задача об ударе упругого шара по вязкоупругой балке типа Тимошенко, вязкоупругие свойства которой вне области контакта описываются классической моделью стандартного линейного тела, а в зоне контакта - моделью стандартного линейного тела с дробными производными. Введение параметра дробности позволяет управлять вязкостью в зоне контакта, поскольку в процессе удара могут рваться поперечные связи между длинными молекулами, что может привести к изменению вязкости в системе «мишень-ударник». В процессе удара учитывается также растяжение срединной поверхности балки. Поскольку 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, то решение за фронтами ударных волн, т.е. вне области контакта, строится при помощи лучевых рядов, коэффициенты которых находятся из определяющей системы уравнений при помощи кинематических и геометрических условий совместности. В зоне контакта решение строится при помощи обобщенной теории Герца, при этом приходится расшифровывать сложные операторные

выражения, которые приводят к линейным комбинациям из дробных операторов Ю.Н. Работнова.

5. Полученные системы уравнений решены приближенно с использованием малого параметра, в качестве которого выступает время протекания ударного процесса. Проведены численные исследования, которые показывают, что при изменении параметра дробности от нуля до единицы, что соответствует увеличению вязкости ударника, максимум контактной силы уменьшается, а время контакта ударника и мишени увеличивается.

6. Проведен сравнительный анализ результатов ударного взаимодействия шара с вязкоупругой балкой Тимошенко с учетом и без учета растяжения ее срединной поверхности. Показано, что учет растяжения делает механическую систему «мишень-ударник» более гибкой, что приводит к увеличению максимальных значений локального смятия материалов балки и шара в зоне контакта и к увеличению продолжительности контактного взаимодействия при одних и тех же значениях параметра дробности.

Практическая значимость. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы проектными и научно-исследовательскими организациями в процессе проектирования конструкций, которые в процессе эксплуатации могут подвергаться различным ударным воздействиям, приводящим к изменению свойств соударяемых тел в зоне контакта.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались: 1) на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Воронежского государственного архитектурно-строительного университета в 2014-2016 годах; 2) на семинарах международного научного центра по фундаментальным исследованиям в области естественных и строительных наук ВГТУ; 3) на 9й международной конференции по механике сплошных сред (9th International Conference on Continuum Mechanics CM '15), в Риме, Италия, 7-9 ноября 2015 года; 4) на 44й международной летней школе-конференции по современным проблемам механики (Advanced Problems in Mechanics APM-2016), в Санкт-Петербурге 27 июня – 2 июля 2016 года; 5) на 23м международном конгрессе по звуку и колебаниям (23rd International Congress on Sound & Vibration, ICSV23), в Афинах, Греция, 10 – 14 июля 2016 года.

Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется защите. Содержание диссертации соответствует п. 2 «Теория моделей деформируемых тел с простой и сложной структурой», п. 5 «Теория упругости, пластичности и ползучести» области исследования паспорта специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела».

Публикации автора

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Estrada Meza M.G. Impact response of a Timoshenko-type viscoelastic beam with due account for the extension of its middle surface / Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., Estrada Meza M.G. // *SpringerPlus*, 2016, Vol. 5, № 1, pp.1-18 (проиндексировано в базах данных Web of Science и Scopus).

2. Estrada Meza M.G. Modeling of the impact response of a beam in a viscoelastic medium / Rossikhin Y., Shitikova M., Estrada Meza M.G. // *Applied Mathematical Sciences*, 2016, Vol. 10, Issues 49-52, pp. 2471-2481 (проиндексировано в базе данных Scopus).

3. Estrada Meza M.G. Impact response of an elastic beam in a viscoelastic medium / Rossikhin Y., Shitikova M., Estrada Meza M.G. // *Proceedings of the 23rd International Congress on Sound and Vibration: From Ancient to Modern Acoustics, ICSV 2016; Athens, Greece, 10-14 July 2016; pp. 1-8, Publisher: International Institute of Acoustics and Vibrations, 2016, ISBN: 978-960992262-3 (проиндексировано в базе данных Scopus).*

Статьи и материалы конференций

4. Estrada Meza M.G. Dynamic response of a Timoshenko-type viscoelastic beam impacted by an elastic sphere / Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., Estrada Meza M.G. // *Mechanics, Energy, Environment* (ISBN: 978-1-61804-346-7), *Energy, Environment and Structural Engineering Series* (ISSN: 2227-4359), Vol.42, pp.18-23, WSEAS Publishers, 2015.

5. Guadalupe Estrada Meza M. Modeling of the dynamic response of a Timoshenko-type viscoelastic beam by a viscoelastic sphere / Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., Estrada Meza M.G. // *Book of Abstracts of the XLIV International Summer School-Conference "Advanced Problems in Mechanics"*, Санкт Петербург, 27.06.2016 - 01.07.2016, P. 59.

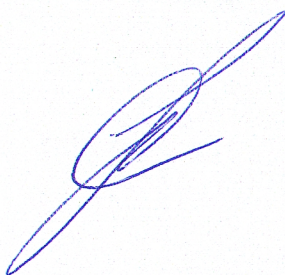
6. Estrada Meza M.G. Impact response of an elastic beam in a viscoelastic medium / Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., Estrada Meza M.G. // *Book of Abstracts of ICSV 2016 - 23rd International Congress on Sound and Vibration; Athens, Greece, 10-14 July 2016; p. 185.*

Диссертационная работа «Анализ динамического поведения вязкоупругих балок при ударных воздействиях с использованием моделей, содержащих дробные операторы» Марии Гуаделупе Эстрада Меза отвечает требованиям пп. 9-11, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней» и рекомендуется для защиты на соискание ученой степени кандидата физико-

математических наук по специальности 01.02.04 - механика деформируемого твердого тела.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры информационных технологий и автоматизированного проектирования в строительстве и сотрудников международного научного центра по фундаментальным исследованиям в области естественных и строительных наук ВГТУ.

Присутствовало на заседании - 25 человек. Результаты голосования: «за» - 25 человек, «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 6 от 10 января 2017 г.



Смольянинов Андрей Викторович
кандидат технических наук, доцент
заведующий кафедрой
информационных
технологий и автоматизированного
проектирования в строительстве



Почтовый адрес: 394006, Воронеж,
ул. 20-летия Октября, д. 84
Тел: (4732)713308
e-mail: pdk@vgasu.vrn.ru