

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по науке и инновациям  
ФГБОУ ВО «ВГТУ»

Д.т.н., профессор Дроздов И.Г.

03

2017 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Анализ ударного взаимодействия двух вязкоупругих сферических оболочек» 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 Зьонг Туан Мань, гражданин Вьетнама, обучается в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВГТУ») по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика», направленности 01.02.04 «механика деформируемого твердого тела» в соответствии с направлением Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках межправительственного соглашения между Российской Федерацией и Социалистической Республикой Вьетнам, аспирант.

В 2011 году окончил Ханойский архитектурный университет во Вьетнаме с присвоением квалификации - инженер.

Справка об обучении (регистрационный номер 2282) с указанием сведений о сданных кандидатских экзаменах выдана 01.03.2017 Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Воронежский государственный технический университет».

Научный руководитель – Заслуженный деятель науки РФ, доктор физико-математических наук, профессор Россихин Юрий Алексеевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», профессор кафедры информационных технологий и



автоматизированного проектирования в строительстве, 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.** Изучение динамических контактных задач является актуальной задачей для тех отраслей науки и техники, где приходится иметь дело с ударными нагрузками. В процессе удара необходимо изучать такие физические явления, как динамическая реакция конструкции, продолжительность контактного взаимодействия, распространение поверхностей сильного разрыва, которые зарождаются в момент удара и затем распространяются вдоль соударяющихся тел. Для комплексного анализа таких явлений особенно важным является разработка аналитических методов исследования, которые позволяют получить оценки для предельных случаев и являются базой для дальнейшего развития и апробации численных методов.

Данная диссертационная работа посвящена моделированию и исследованию процессов ударного взаимодействия двух сферических оболочек, обладающих вязкоупругими свойствами или приобретающих такие свойства в течение времени контакта.

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 участвовал в решении задач, поставленных перед ним руководителем, лично проводил 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. Обобщена волновая теория удара, разработанной ранее Ю.А. Россихиным и М.В. Шитиковой на основе лучевого метода для анализа ударного взаимодействия упругих тел, на случай ударного взаимодействия вязкоупругих тел с вязкоупругой сферической оболочкой.

2. Впервые решены контактные динамические задачи, возникающие в процессе соударения двух сферических оболочек или при ударе оболочки по мишени в виде вязкоупругой или жесткой пластинки. При этом в области контакта применяется закон Герца, обобщенный для вязкоупругих тел на основе моделей с дробными операторами, а вне области контакта решение строится при помощи лучевого метода, который представляет собой один из методов малого параметра, и этим малым параметром является время. Для процессов, быстро протекающих во времени, метод лучевых рядов имеет неоспоримые преимущества перед другими методами, поскольку позволяет получать аналитические решения в виде временных зависимостей основных характеристик ударного процесса.

3. Проведен анализ динамического поведения двух соударяющихся сферических оболочек, упругие свойства которых могут изменяться в зоне контакта в процессе удара, при помощи введения в рассмотрение нового структурного параметра за счет использования вязкоупругой модели, содержащей производные дробного порядка.

4. Получено приближенное аналитическое решение задач ударного взаимодействия вязкоупругих или упругих ударников в виде сферических оболочек с вязкоупругими или жесткими мишенями, в качестве которых могут выступать вязкоупругие или жесткие сферические оболочки или пластинки, с использованием малого параметра, в качестве которого выступает время протекания ударного процесса.

**Практическая значимость.** Полученные результаты в виде аналитических зависимостей контактной силы и локального смятия от времени могут быть использованы в различных проектных организациях при расчетах ударных взаимодействий различных конструкций, свойства которых могут изменяться в процессе контакта, а также при разработке таких средств защиты как шлемы для спортсменов, пожарных, военных, которые могут испытывать ударные нагрузки в различных критических ситуациях.



**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 7й международной конференции по математическим моделям в инженерных науках (7<sup>th</sup> International Conference on Mathematical Models for Engineering Science MMES'16), Дубровник, Хорватия, 28-30 сентября 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. Duong Tuan Manh, Modelling of the collision of two viscoelastic spherical shells / Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., Duong Tuan Manh // *Mechanics of Time-Dependent Materials*. - 2016. - Vol. 20, Issue 4. - P. 481-509 (статья проиндексирована в базе данных Web of Science: impact-factor = 1.12, квартиль Q2 и в базе Scopus: квартиль Q2).

2. Duong Tuan Manh, Comparative analysis of two problems of the impact interaction of rigid and viscoelastic spherical shells / Rossikhin Y., Shitikova M., Duong Tuan Manh // *International Journal of Mechanics*. - 2017. - Vol. 11. - P. 6-11 (статья проиндексирована в базе данных Scopus: квартиль Q2).

##### Статьи и материалы конференций

3. Duong Tuan Manh, Analysis of the collision of two elastic spherical shells / Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., Duong Tuan Manh // *Mechanics, Energy, Environment* (ISBN: 978-1-61804-346-7), *Energy, Environment and Structural Engineering Series* (ISSN: 2227-4359), Vol.42, pp. 107-111, WSEAS Publishers, 2015.



4. Duong Tuan Manh, Modeling of the dynamic response of a viscoelastic plate by a viscoelastic spherical shell / Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., Duong Tuan Manh // *Book of Abstracts of the XLIV International Summer School-Conference "Advanced Problems in Mechanics"*, Санкт Петербург, 27.06.2016 - 01.07.2016, P. 42.

5. Duong Tuan Manh, Normal impact of a viscoelastic spherical shell against a rigid plate / Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., Duong Tuan Manh // *WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics*. - 2016. - Vol. 11. - P. 125-128.

6. Duong Tuan Manh, Impact response of an elastic beam in a viscoelastic medium / Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., Duong Tuan Manh // *CD Abstracts of the 7<sup>th</sup> International Conference on Mathematical Models for Engineering Science MMES'16*, Dubrovnik, Croatia, 28-30 September, 2016, 2 pages.

Диссертационная работа «Анализ ударного взаимодействия двух вязкоупругих сферических оболочек» Зыонг Туан Мань 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 № 9 от 10 марта 2017 г.



Смолянинов 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