

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «ВГТУ»



д.т.н., профессор Дроздов И.Г.

«06» 04 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Анализ ударного воздействия на вязкоупругие пластинки при помощи моделей с дробными производными» 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 Фан Тхань Чунг, 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 магистратуру Вьетнамского национального университета в Хошимине, Вьетнам с присвоением степени магистра технических наук.

Справка о периоде обучения в очной аспирантуре (регистрационный номер 120-14-2) с указанием сведений о сданных кандидатских экзаменах выдана 01.02.2018 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, 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 воздействия на тонкие вязкоупругие пластинки типа Уфлянда-Миндлина с учетом растяжения срединной поверхности и предварительного напряжения.

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 проекта РФФИ «Анализ ударного взаимодействия вязкоупругих балок, пластин и оболочек с учетом сдвиговой и объемной релаксации на основе дробных операторов Ю.Н. Работнова» (проект № 17-01-00490).

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 и их анализ.

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 шара с вязкоупругой мишенью в виде пластинки типа Уфлянда-Миндлина с учетом растяжения ее срединной поверхности.

2. Проведен анализ динамического поведения упругой пластинки Кирхгофа-Лява 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. Получено 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.

4. Впервые решена контактная динамическая задача, возникающая в процессе соударения вязкоупругого ударника в виде шара с мишенью в виде вязкоупругой пластинки типа Уфлянда-Миндлина. 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.

4. Исследована реакция на низкоскоростной удар предварительно напряженной круглой изотропной упругой пластинки в случае, когда ее динамическое поведение описывается уравнениями, учитывающими инерцию вращения и деформации поперчного сдвига. При этом контактное взаимодействие между жестким ударником и мишенью моделируется обобщенной контактной силой Герца, так как предполагается, что вязкоупругие свойства пластины проявляются только внутри зоны контакта и описываются при помощи модели стандартного линейного твердого тела с дробными производными ввиду того факта, что в процессе удара происходит

разрушение межмолекулярных связей внутри зоны контакта пластины и сферы, в результате чего возникают более свободные перемещения молекул относительно друг друга и в конечном итоге происходит уменьшение вязкости материала пластины внутри области контакта.

5. Показано, что если круглая пластина подвержена действию постоянной сжимающей силы, равномерно распределенной по ее срединной плоскости вдоль граничной окружности, то в процессе удара по такой предварительно напряженной пластинке возбуждается нестационарная волна поперечного сдвига (поверхность сильного разрыва), которая затем распространяется со скоростью, зависящей от сжимающей силы. При определенной критической величине сжимающей силы, скорость нестационарной волны равна нулю, в результате чего происходит «запирание» этой волны внутри зоны контакта, что, в свою очередь, ведет к тому, что энергия в процессе удара не рассеивается (как это происходит в случае возникновения и распространения поперечной волны сдвига), а остается внутри зоны контакта, что может привести к разрушению контактной области.

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.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались: 1) на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Воронежского государственного архитектурно-строительного университета в 2015-2017 годах; 2) на семинарах международного научного центра по фундаментальным исследованиям в области естественных и строительных наук ВГТУ в 2015-2018 годах; 3) на 7й международной конференции по математическому моделированию в инженерных науках (7th International Conference on Mathematical Models for Engineering Science MMES'16), в Дубровнике, Хорватия, 28-30 сентября 2016 года; 4) на международной конференции по прикладной математике, вычислительным и инженерным наукам (2016 International Conference on Applied Mathematics, Computational Science and Systems Engineering) в Риме, Италия, 5-7 ноября 2016 года.

Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите. Содержание диссертации соответствует п. 2 «Теория моделей деформируемых тел с простой и сложной структурой», п. 5 «Теория упругости, пластичности и ползучести», п. 7 «Постановка и решение

краевых задач для тел различной конфигурации и структуры при механических, электромагнитных, радиационных, тепловых и прочих воздействиях, в том числе применительно к объектам новой техники» области исследования паспорта специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела». Работа отвечает требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842.

Публикации автора

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., **Trung P.T.** Impact of a viscoelastic sphere against an elastic Kirchhoff-Love plate embedded into a fractional derivative Kelvin-Voigt medium // *International Journal of Mechanics*, 2017, Vol. 11, pp.58-63 (проиндексировано в базе данных Scopus).
2. Rossikhin Y., Shitikova M., **Trung P.T.** Analysis of the viscoelastic sphere impact against a viscoelastic Uflyand-Mindlin plate considering the extension of its middle surface // *Shock and Vibration*, 2017, Vol. 2017, Article ID 5652023, 12 p. (проиндексировано в базах данных Web of Science и Scopus).
3. Rossikhin Y., Shitikova M., **Trung P.T.** Low-velocity impact response of a pre-stressed isotropic Uflyand-Mindlin plate // *ITM Web of Conferences*, 2017, Vol. 9, Article ID 03005, 5 p. (проиндексировано в базе данных Web of Science).

Статьи и материалы конференций


4. Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., **Trung P.T.** Application of the fractional derivative Kelvin-Voigt model for the analysis of impact response of a Kirchhoff-Love plate // *WSEAS Transactions on Mathematics*, 2016, Vol.15, pp.498-501.
5. Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., **Trung P.T.** Utilization of the fractional calculus Kelvin-Voigt model in the analysis of dynamic response of a Kirchhoff-Love plate impacted by a viscoelastic sphere// *CD Abstracts of the 7th International Conference on Mathematical Models for Engineering Science MMES'16*, Dubrovnik, Croatia, 28-30 September, 2016, 2 pages.
6. Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V., **Trung P.T.** Low-velocity impact response of a pre-stressed viscoelastic Uflyand-Mindlin plate // *CD Abstracts of the 2016 International Conference on Applied Mathematics, Computational Science and Systems Engineering*; Rome, Italy, 5-7 November 2016, 2 pages.

Диссертационная работа аспиранта Фан Тхань Чунг «Анализ ударного воздействия на вязкоупругие пластинки при помощи моделей с дробными производными» 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 № 8 от 03 апреля 2018 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