



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН

д.ф.-м.н. Волков Н.В.

2019 г.

Ливаре

ОТЗЫВ

ведущей организации, Института вычислительного моделирования СО РАН – обособленного подразделения Федерального бюджетного государственного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», о диссертации Баянова Евгения Викторовича «Распространение упругих волн в коротких сплошных цилиндрах при продольном ударе», представленной в диссертационный совет Д 003.054.02 на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

Диссертационная работа Баянова Е.В. посвящена анализу процессов распространения упругих волн в осесимметричных цилиндрических образцах на основе фундаментального комплексного подхода, сочетающего в себе точные решения, численные и экспериментальные методы. К настоящему времени задача о распространении волн в длинных цилиндрах (стержнях) хорошо исследована в рамках приближенных геометрически линейных и нелинейных математических моделей, учитывающих упругопластические процессы, вязкость, ползучесть и другие механические факторы. Однако случай коротких цилиндров практически не рассматривался из-за трудоемкости анализа получаемых уравнений. С этой точки зрения выбранная тема диссертации представляется актуальной.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней с помощью развивающегося подхода впервые обоснован ряд механических эффектов, связанных с особенностями волновых движений в упругих деформируемых телах. К ним, в частности, относится эффект снижения средней скорости волны ниже уровня «стержневой» скорости звука для цилиндров определенной длины, изготовленных из металлических материалов; явление повторного отскока короткого цилиндра от абсолютно жесткой преграды.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в их применимости для уточнения методов неразрушающего акустического контроля; в специальных приложениях по оборонной тематике; в учебном процессе при разработке основных и специальных университетских курсов по механике деформируемого твердого тела.

Обоснованность и достоверность результатов работы обеспечивается использованием строгого математического аппарата и хорошо отработанных методов постановки и проведения экспериментов в механике деформируемого твердого тела; применением двух апробированных программных комплексов для численного решения; совпадением предельных

случаев решений с известными решениями и результатами проведенного эксперимента.

Результаты диссертации могут быть использованы в Институте машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Институте проблем механики РАН, РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров), РФЯЦ-ВНИИТФ (г. Снежинск), НИИ ПММ ТГУ (г. Томск) и других научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях, основные научные направления которых связаны с анализом напряженно-деформированного состояния элементов конструкций при динамическом нагружении.

Анализ содержания работы.

Первая глава диссертации содержит детальный обзор работ по анализу волновых процессов, сопровождающих ударное взаимодействие деформируемых цилиндров, который включает в себя как классические работы Релея и Рахматуллина, так и современные исследования на основе аналитических и численных методов. Из обзора следует, что поставленная в диссертации задача слабо исследована в трехмерной (осесимметричной, пространственной) постановке. Обзор также демонстрирует высокую практическую значимость и актуальность исследуемой проблемы в научно-технических приложениях.

Во второй главе приводятся оригинальные, полученные соискателем, результаты дисперсионного анализа уравнений для описания процессов распространения упругих волн в цилиндре со свободной от напряжений боковой поверхностью. Решение задачи для потенциалов волн расширения и искажения строится методом разделения переменных, и получается в замкнутой форме, которая требует простых компьютерных расчетов для графического представления результатов. Анализ первых трех мод дисперсионных кривых показал, что при стремлении радиуса цилиндра к нулю скорость волны стремится к «стержневой» скорости; при превышении радиусом длины волны скорость первой моды переходит в скорость поперечной упругой волны, а скорости второй и третьей мод – в скорость продольной упругой волны.

Третья глава посвящена численному решению задачи на основе комплексов прикладных программ Krug24 и Autodyn. Расчеты показали, что при осевом соударении коротких цилиндров, длина которых определяется упругими характеристиками материала, возникает явление повторного контакта, и что средняя скорость волны практически совпадает со «стержневой» скоростью, когда длина превышает утроенный диаметр цилиндра. Показано также, что минимальная скорость волны для цилиндрических образцов при варьировании длины определяется отношением скоростей поперечной и продольной волн, и что она может быть ниже «стержневой» скорости.

В четвертой главе описана методика экспериментальных исследований процессов прохождения ультразвуковых волн через цилиндрические образцы разной длины, изготовленные из различных металлических материалов. С помощью методов ультразвукового контроля проверен эффект повышения средней скорости волн для коротких цилиндров, согласующийся с полученными в работе численными результатами. Для качественного анализа этого эффекта на основе двух программных комплексов – Krug24 и Autodyn проведены расчеты полей напряжений в упругом цилиндре с идентификацией типов волн (продольных, поперечных волн, волн нагружения и разгрузки), которые по мере их суперпозиции формируют плоские волновые фронты.

По материалам диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Судя по тексту диссертации, точное решение, полученное во второй главе, нигде далее не используется, хотя оно могло послужить тестом при анализе точности численного решения с помощью программных комплексов, и дополнительным инструментом для качественного исследования процессов распространения ультразвуковых волн в четвертой главе.
2. Не ясно, как ставятся граничные условия контакта цилиндра с твердой границей. Учитывается ли проскальзывание в зоне контакта и трение?
3. Целесообразно было бы провести более тщательный анализ дисперсионных кривых на рис. 2.1. Существуют ли вертикальные асимптоты для второй и третьей мод, и если существуют, то чем объясняется отсутствие низкочастотных решений?
4. В работе имеется ряд неточных формулировок и выражений типа «одномерный цилиндр» на с. 40. На с. 46 Уилкинс назван Уилкинсоном. На с. 52 произошел сбой нумерации формул.
5. В формуле для отношения R/L на с. 41 опечатка – правая часть не является безразмерной величиной, ее размерность m^2/c^2 . Система уравнений (3.1)–(3.5) не замкнута, в ней не хватает уравнений для девиаторных напряжений. С какой целью приводится условие пластичности (3.5), если исследуются только упругие волны?

Несмотря на сделанные замечания, необходимо отметить, что диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, в которой получены новые научные результаты, имеющие существенное значение для теоретического описания волновых процессов в упругих средах, соответствующие паспорту специальности 01.02.04 по физико-математическим наукам.

Основные результаты работы подробно изложены в тексте диссертации и опубликованы в 16 научных трудах, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК России для публикации результатов диссертаций, и в журналах, индексируемых в системе Scopus. Автореферат соответствует ее содержанию.

Диссертационная работа «Распространение упругих волн в коротких сплошных цилиндрах при продольном ударе» соответствует требованиям пп. 9 и 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а ее автор, Баянов Е.В., достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Директор ИВМ СО РАН,
заведующий отделом вычислительной
механики деформируемых сред
д.ф.-м.н., профессор

 В.М. Садовский

Научный доклад соискателя по материалам диссертации на заседании семинара “Проблемы математического и численного моделирования” Института вычислительного моделирования СО РАН состоялся 29.10.2018 г. (<http://icm.krasn.ru/seminar.php?id=mathmod>). Настоящий отзыв заслушан и одобрен на заседании семинара 25.12.2018 г., протокол № 15.

Ученый секретарь ИВМ СО РАН
к.ф.-м.н.

 А.В. Вяткин

Подписи Владимира Михайловича Садовского и Александра Владимировича Вяткина удостоверяю:

Ученый секретарь ФИЦ КНЦ СО РАН
к.ф.-м.н.

 П.Г. Шкуряев

Телефон: +7 (391) 243-96-33

Телефон:

+7 (391) 243-27-56

Почтовый адрес:

660036 Красноярск, Академгородок,
50/44, ИВМ СО РАН

E-mail:

sek@icm.krasn.ru