

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на кандидатскую диссертацию

**Баянова Евгения Викторовича**

**«Распространение упругих волн в коротких сплошных цилиндрах при продольном ударе»,**

представленную к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности

**01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»**

**Актуальность.** Рецензируемая диссертация Е.В. Баянова посвящена вопросам распространения упругих волн в твердых телах цилиндрической формы. В работе поставлена задача о продольном ударе тел цилиндрической формы по преграде и проведен анализ системы уравнений задачи. Выполнено подробное численное исследование задачи о соударении цилиндра с недеформируемой преградой. Проведено сравнение результатов численных расчетов с результатами натурных экспериментов скоростей распространения упругих волн в цилиндрах.

Задача о распространении упругих волн в цилиндрах конечной длины при продольном ударе, с точки зрения волновых процессов при движении фронта волны, является недостаточно исследованной. Решение этой задачи является востребованным при тестировании различных численных методик, при моделировании теста Тейлора, при отработке математических моделей упругопластического деформирования с различными видами упрочнения материала, при исследовании динамического предела текучести, при исследовании распространения упругих волн в анизотропных материалах. Поэтому, актуальным представляется изучение факторов, влияющих на изменение скорости распространения упругих волн в телах цилиндрической формы.

**Структура и содержание работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы, который содержит 122 источника. Во **введении** дано обоснование актуальности диссертации, указаны цель и научная новизна исследований. Приведены положения, выносимые на защиту и краткая структура диссертации.

**В первой главе** приведен подробный обзор работ, связанных с распространением упругих волн в твердых телах различной геометрии, описаны основные типы упругих волн и методы решения волнового уравнения. Анализируя задачи механики деформируемого твердого тела, связанные с распространением упругих волн, диссертант показал, что во многих работах авторы используют различные приближения, в частности, рассматривают задачи в одномерной постановке. В подавляющем большинстве случаев такие решения хорошо согласуются с реальными экспериментами, однако такие подходы не всегда могут верно отражать физические явления и процессы, происходящие в твердых телах при распространении в них упругих волн.

**Во второй главе** представлены этапы вывода характеристического уравнения от уравнения Ламэ до применения граничных условий поставленной задачи. На основе полученного характеристического уравнения построены и дисперсионные кривые. Проведен анализ кривых, который показал, что увеличение радиуса цилиндра приводят к распространению в нем упругих волн со скоростями продольных и поперечных волн.

**В третьей главе** проведены результаты численных расчетов распространения упругих волн в цилиндрах при продольном ударе. Изучено влияние геометрических параметров цилиндра и его механических свойств на среднюю скорость распространения упругой волны. Численное моделирование задачи проведено с помощью программных комплексов KRUG24 и AutoDYN, приведены результаты сравнения полученных с помощью обоих программных комплексов средних значений скоростей упругих волн в цилиндрах. Определены границы геометрических параметров цилиндра, при которых наблюдаются повторные касания осевой части цилиндра преграды и проанализированы вызывающие это причины.

**В четвертой главе** приводится постановка эксперимента с использованием ультразвукового дефектоскопа и определение средней скорости распространения упругой волны в стержнях различной длины. Наиболее подходящим методом для измерения скорости волны в стержне выбран теневой метод. Рассмотрено сравнение результатов эксперимента с численным исследованием. Для качественного анализа

причин повышения средних скоростей в “коротких” цилиндрах проведен анализ распределения полей напряжений.

**В заключении** сформулированы основные результаты, полученные в работе.

#### **Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений**

Научная новизна работы заключается в том, что исследована роль влияния свободных поверхностей удлиненных цилиндров на процесс распространения продольных волн вдоль оси симметрии цилиндра, проанализированы причины возникновения повторного отскока цилиндра от жесткой преграды при ударе; исследовано влияние геометрических параметров цилиндра на время контакта с абсолютно жесткой преградой при продольном ударе; с помощью ультразвукового дефектоскопа подтверждено, что средняя скорость упругой волны в “коротких” цилиндрах выше, чем скорость распространения в удлиненных цилиндрах.

**Достоверность** научных результатов обеспечивается использованием строгого математического аппарата и законов механики деформируемого твердого тела, а также совпадением предельных случаев полученных решений с известными решениями и результатами натурных экспериментов.

#### **4. Значимость результатов для науки и производства**

Практическая значимость состоит в том, что предложенная закономерность повышения скорости упругой волны на малом удалении от торца цилиндра может использоваться для уточнения методов неразрушающего акустического контроля, а полученный алгоритм визуализации волн напряжений в цилиндре может быть применен в других задачах механики деформируемого твердого тела.

По диссертационной работе Баянова Е.В. имеются **некоторые вопросы и замечания:**

1. Не совсем ясна причина, по которой в цилиндрах, имеющим форму, близкую к компактной ( $L/D$  изменяется в диапазоне 0.5 - 1.5) средняя скорость волн ниже стержневой. Ведь в удлиненных цилиндрах, влияние боковых поверхностей на величину распространения средней скорости должно быть больше, чем в цилиндрах компактной формы.
2. Все выводы диссертационной работы связаны с исследованиями распространения упругих волн в “коротких” цилиндрах. Но не указана

граница отношения высоты цилиндра к диаметру, начиная с которой уже исчезает эффект повторного отскока цилиндра от жесткой преграды.

#### **Соответствие содержания диссертации указанной специальности**

Содержание диссертации соответствует следующим пунктам областей исследования паспорта специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела:

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.

п.8. Математические модели и численные методы анализа применительно к задачам, не допускающим прямого аналитического исследования.

п.9. Экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.

**Соответствие автореферата содержанию диссертации.** Содержание автореферата в полной мере соответствует содержанию и структуре диссертации и дает представление о работе, как о законченном исследовании.

#### **Заключение по диссертационной работе**

1. Диссертация Баянова Е.В. является законченным научно-исследовательским трудом, посвященным численному и экспериментальному исследованию распространения упругих волн в цилиндрах и выявлению факторов, влияющие на среднюю скорость таких волн.

2. По результатам исследований опубликовано 15 печатных работ, из них две в журналах, рекомендованных ВАК для публикаций. Основные публикации в достаточной степени отражают содержание диссертации. Оформление работы отличается последовательным и грамотным изложением, а также соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

3. Сформулированные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Цели и задачи исследования, поставленные в диссертации, были достигнуты.

4. Диссертация «Распространение упругих волн в коротких сплошных цилиндрах при продольном ударе» соответствует требованиям пп. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а ее автор Баянов Евгений Викторович достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,

ведущий научный сотрудник

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института физики прочности и материаловедения

Сибирского отделения Российской академии наук

634055, г. Томск,

пр. Академический, д. 2/4,

E-mail: root@ispms.tomsk.ru

доктор физико-математических наук Марина Николаевна

"16" января 2019г.

«ЗАВЕРЯЮ»

СЕКРЕТАРЬ ИФМ СО РАН

Н. Ю. МАТОЛЫГИНА

