

«УТВЕРЖДАЮ»  
Ректор Воронежского  
государственного  
технического университета,  
доктор технических наук,  
профессор  
Петренко В.Р.



«11» сентября 2015

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет» на диссертационную работу Быковой Ксении Игоревны «Лучевое приближение динамического напряженного состояния за выпуклым препятствием за дифрагированной волной в области тени», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела»**

### Общая характеристика работы

Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет».

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 162 наименований. Работа изложена на 137 страницах машинного текста, содержит 37 рисунков.

Диссертационная работа представляет собой логично выстроенное и заверщенное научное исследование распространения дифрагированных упругих волн в области тени за выпуклыми препятствиями и дифракцию упругих волн на сингулярных особенностях препятствий – на острие клина и конуса.

По объему и структуре работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание степени кандидата наук.

### **Актуальность темы**

Актуальность проблем динамического деформирования упругих материалов обусловлена наличием явлений динамической нагрузки, возникающей в различных областях техники, создаваемых новых конструкциях, работающих при динамических нагрузках, а также в задачах геофизики, сейсмологии, газоразведки, нефтеразведки, добывающей промышленности, строительстве гражданских и промышленных сооружений, а также в ряду других задач научно-технического характера. Проблема дифракции упругих волн на различных неоднородностях является одной из наиболее сложных и актуальных с точки зрения приложений проблем динамики деформируемых тел. Это связано с тем, что почти во всех возникающих задачах информация о напряженном состоянии возле этих неоднородностей необходима для различных целей.

Поэтому диссертационная работа Быковой К.И., направленная на установление закономерностей распространения дифрагированных волн в области тени за выпуклыми препятствиями и вблизи сингулярных особенностей, является актуальной.

### **Структура диссертации**

*Во введении* обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы и задачи исследования, научная новизна диссертационной работы, выносимые на защиту научные положения и результаты, дана краткая аннотация по главам и краткий обзор работ, касающихся темы диссертации.

*В первой главе* приведены общие сведения из волновой динамики, общие сведения из дифференциальной геометрии, построена математическая

модель распространения упругих волн, рассмотрен лучевой подход решения задачи дифракции упругих волн.

*Во второй главе* исследована дифракция плоской упругой волны на цилиндре, построено уравнение дифрагированного фронта для определения его кривизны в плоском случае в параметрическом виде. Определена интенсивность коротких дифрагированных волн на цилиндре в области тени. Построены графики изменения относительной интенсивности дифрагированной волны на поверхности цилиндра и вне его в зависимости от времени и параметра, определяющего положение точки на дифрагированном фронте.

Лучевым методом проведен расчет интенсивности напряженного состояния за пространственной дифрагированной волной, образованной в результате падения предельной плоской волны на сферу. Показано затухание интенсивности дифрагированной волны вдоль ее фронта и в процессе распространения волны. Рассмотрена задача дифракции предельной пластической волны на выпуклой поверхности в предположении, что напряженное состояние за плоской продольной волной удовлетворяет условию пластичности Мизеса.

*В третьей главе* рассмотрено лучевое представление интенсивности дифрагированной волны за выпуклым препятствием. В качестве препятствий выбраны сфера и эллипсоид. При распространении дифрагированного фронта вдоль поверхности препятствия интенсивность зависит от времени, от расстояния, пройденного точкой волны, и параметров, характеризующих пространственное положение дифрагированной волны. Построены графики, отображающие эту зависимость для разных случаев распространения волны на поверхности эллипсоида которые показали факт экспоненциального затухания интенсивности дифрагированной волны в области тени за препятствием.

*В четвертой главе* рассмотрена задача прямой дифракции упругой продольной волны на клине и конусе путем замены сингулярной угловой точки клина окружностью и вершины конуса сферой малого радиуса  $\delta$ . Предельные значения интенсивности отраженных волн дают интенсивности дифрагированных волн, совпадающие с известными классическими выражениями для дифрагированных гармонических волн.

*Заключение* содержит оценку вклада автора в проведенные в диссертации исследования и значимости полученных результатов.

#### **Основные научные результаты:**

1. В качестве величины, характеризующей интенсивность дифрагированных волн, обладающих особенностью на переднем фронте в диссертации предлагается величина тангенса угла наклона касательной к скорости движения упругого материала за дифрагированным фронтом, задаваемая на малом расстоянии за фронтом.
2. Установлены закономерности распространения интенсивности дифрагированных волн в области тени при падении плоских упругих волн на препятствие в форме: цилиндра, сферы, эллипсоида и показано их асимптотически экспоненциальное затухание.
3. Построена закономерность затухания интенсивности дифрагированных волн при падении плоской упругой волны на вырезы в форме клина и конуса. Показано необходимость учета пластического деформирования в окрестности особых точек клина и конуса.

#### **Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:**

- получено точное решение уравнения для интенсивности дифрагированной волны за цилиндром в области тени для случая коротких

волн. Показано, что значение интенсивности волны затухает вдоль фронта дифрагированной волны и уменьшается по времени;

- лучевым методом проведен расчет интенсивности напряженного состояния за пространственной дифрагированной волной, образованной в результате падения предельной плоской волны на сферу. Показано затухание интенсивности дифрагированной волны вдоль ее фронта и в процессе распространения волны;

- построено выражение для интенсивности волны при ее распространении вдоль поверхности препятствия в форме эллипсоида в зависимости от времени, расстояния, пройденного точкой волны, и параметров, характеризующих пространственное положение дифрагированной волны. Построенные графики, показали экспоненциальное затухание интенсивности напряжений за дифрагированной волной в области тени за эллипсоидом;

- проведен расчет интенсивности дифрагированных волн лучевым методом вблизи переднего фронта дифрагированных волн в окрестности вершины клина путем приближенной замены острой кромки клина и вершины конуса цилиндрической поверхностью и сферой малого радиуса  $\delta$ , соответственно. Построенные графики интенсивности напряженного состояния за продольной и сдвиговой дифрагированными волнами на клине и конусе показывают, что максимальное значение относительной интенсивности напряженного состояния достигается по направлению  $\varphi \approx \pi/6$ , по которому следует ожидать распространение возможных трещин сдвига после падения продольной волны.

### **Степень обоснованности научных положений и выводов**

Выполненные аналитические и численные расчеты обоснованы: строгой формулировкой математической модели распространения и дифракции упругих волн на выпуклых препятствиях, корректной

математической постановкой задачи, правильностью применения математического аппарата, и программного обеспечения. Полученные автором диссертации результаты воспроизводимы и коррелируют с известными результатами по дифракции гармонических упругих волн.

### **Практическое значение результатов**

Практическая значимость заключается в том, что результаты диссертации могут быть использованы при создании новых конструкций, работающих при динамических нагрузках, современных задачах геофизики, сейсмологии, газо-нефтегазодобычи, добывающей промышленности. При подготовке магистров материал можно использовать при чтении спецкурсов по актуальным проблемам динамики деформируемых тел.

### **Публикации**

Автореферат и опубликованные работы отражают основные положения диссертации. Результаты работы достаточно полно представлены в журналах (9 работ), в том числе рекомендованных ВАК РФ 2 статьи (Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния, Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика, Математика), а также в сборниках трудов международных и Всероссийских конференций и трудах молодых ученых Воронежского государственного университета (7 работ).

### **Общие замечания**

1. Интенсивность дифрагированных волн, представленная в работе только одним членом ряда Тейлора, имеет точное значение только вблизи переднего фронта дифрагированной волны. Продолжение ряда Тейлора в форме вторых и так далее членов ряда не представлены.
2. Желательно было бы представить график в зависимости от различных направлений от полюса дифракции значений интенсивностей падающих на

клин или конус плоских волн, приводящих к пластическому состоянию за дифрагированной волной.

3. На графиках рис. 29,30 желательно было бы изменить масштаб, с тем, чтобы все элементы графика помещались на рисунке.

4. На рис. 22 желательно было бы представить в виде трехмерных графиков.

5. Не пояснена особенность на графике рис. 12.

6. В диссертации не приведен переход в динамических уравнениях (1.18) теории упругости Ламэ к криволинейной подвижной системе координат и вывод уравнения «переноса» интенсивности волн первого или второго порядка.

7. Диссертация не лишена опечаток: титульный лист диссертации не содержит в наименовании организации буквы «Б» («ФГОУ», а должно быть «ФГБОУ»), на стр. 52 в формуле (1.40) неточно определена производная вдоль луча, в формуле (1.36) нет точки в окончании предложения, стр. 105, 13я строка снизу.

### **Оценка качества оформления работы**

Диссертация написана грамотным научным языком, оформлена с использованием достаточного количества иллюстраций и графиков. Выдержана логическая последовательность изложения: обзор литературы, описание объектов и методов исследования, решение конкретных задач, обсуждение результатов, выводы. Обзор литературы дает полное представление о современном состоянии выбранного направления исследований.

### **Заключение**

Сделанные выше замечания не могут изменить общую положительную оценку работы, в которой приведено решение важной научно-практической задачи расчета интенсивности переднего фронта

дифрагированных упругих волн за препятствиями в области тени, а также дифракции на угловых особенностях в форме клина и конуса.

Диссертация Быковой Ксении Игоревны «Лучевое приближение динамического напряженного состояния за выпуклым препятствием за дифрагированной волной в области тени» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему, содержит новые научные результаты, обладающие теоретической значимостью и имеющие практическую ценность. Сформулированные выводы достаточно обоснованы, полученные результаты в полной мере отражены в имеющихся авторских публикациях, в том числе изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры механики и компьютерного моделирования Воронежского государственного университета в рамках темы: «Разработка математических моделей и эффективных аналитических и численных методов решения статических и динамических задач механики деформируемых сред сложной структуры». Исследование соответствует п. 5 «Теория упругости, пластичности и ползучести», п. 8. «Математические модели и численные методы анализа применительно к задачам, не допускающим прямого аналитического исследования» области исследования паспорта специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела».

В диссертационной работе Быковой К.И. содержится решение задачи, имеющей важное теоретическое и практическое значение, она вносит существенный вклад в развитие динамической теории упругости – дифракцию упругих волн в области тени и на особенностях. По актуальности поставленной задачи, новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Быковой К.И. «Лучевое приближение



динамического напряженного состояния за выпуклым препятствием за дифрагированной волной в области тени» полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013г.), предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела».

Отзыв по диссертационной работе и автореферату Быковой К.И. «Лучевое приближение динамического напряженного состояния за выпуклым препятствием за дифрагированной волной в области тени» рассмотрен и одобрен на заседании кафедры прикладной математики и механики Воронежского государственного технического университета 10 сентября 2015г, протокол №2.

Отзыв составлен:

Доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой прикладной  
математики и механики

Рязжских В.И.

Рязжских Виктор Иванович – заведующий кафедрой прикладной математики и механики ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор 394026, г.Воронеж, ул. Московский проспект, д.14, 8-951-556-37-67, ryazhskih@scientist.com.

