

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на диссертацию Антонова Артема Михайловича
**«ДИСПЕРСИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН РЭЛЕЯ,
РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ НА ГРАНИЦАХ НЕКЛАССИЧЕСКИХ
УПРУГИХ ПОЛУПРОСТРАНСТВ»**

по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертационная работа ориентирована на развитие волновой динамики механических систем в части изучения особенностей распространения упругих поверхностных волн Рэлея применительно к проблемам скоростного транспорта, неразрушающего контроля и технологии машиностроения. Актуальность темы исследования определяется тем, что именно волны Рэлея звукового диапазона генерируются в грунте высокоскоростными движущимися объектами, волны ультразвукового диапазона широко применяются в неразрушающем контроле материалов изделий машиностроения. В частности, влияние свойств поверхностного слоя материала на скорость и затухание рэлеевских волн позволяют использовать последние для определения остаточных напряжений поверхностного слоя испытуемого образца, а также его термических и механических свойств. Волны Рэлея гиперзвукового диапазона частот широко применяются в акустоэлектронике. Наряду с моделями классического континуума в механике деформируемого твердого тела часто применяются модели обобщенных (неклассических) континуумов: микрополярных, градиентно-упругих и других. Поверхностные волны в рамках моделей обобщенных континуумов на сегодняшний день являются недостаточно изученными.

Научное значение имеют следующие результаты, полученные автором диссертации:

1. Исследовано распространение волн в обобщенных континуумах. Показано, что скорость поверхностной волны Рэлея в градиентно-упругой среде может превосходить скорость объемной сдвиговой волны, вычисляемую как радикал отношения модуля сдвига к плотности материала, но не может превосходить фазовую скорость объемной сдвиговой волны. В упрощенной модели Коссера фазовая скорость поверхностной волны во всем частотном диапазоне превосходит фазовую скорость сдвиговой волны, причем наблюдается две дисперсионных ветки: нижняя («акустическая») и верхняя («оптическая»).
2. Исследована генерация волн в градиентно-упругом континууме источником, движущимся с постоянной сверхзвуковой скоростью. Показано, что волны обладают дисперсией, причем в околоповерхностном слое поперечная составляющая вектора перемещений превосходит продольную. Образуется конус Маха, содержащий в себе область распространения упругих волн, зависящую от скорости движения источника возмущений.
3. Поставлена самосогласованная задача, включающая в себя динамическое уравнение теории упругости и кинетическое уравнение накопления повреждений в материале среды. Показано, что в этом случае самосогласованная система с граничными условиями,

выражающими отсутствие напряжений на границе полупространства, сводится к комплексному дисперсионному уравнению.

4. Показано, что если в материале присутствует поврежденность, то поверхностная волна Рэлея затухает в направлении распространения, а низкочастотные возмущения обладают частотно-зависимой диссипацией и дисперсией. При этом дисперсия имеет аномальный характер. Установлено, что с уменьшением значения коэффициента поврежденности, в области высоких частот, значение фазовой скорости растет, а групповой падает. На очень низких частотах обе скорости растут при снижении коэффициента поврежденности.

Выполненные исследования волновых процессов в упругих направляющих, взаимодействующих с движущимися объектами, позволяют на этапе конструирования наземных транспортных средств проводить оценку энергозатрат на преодоление сил волнового сопротивления движению и вносить допустимые изменения в конструкции с целью их уменьшения. Результаты, касающиеся исследования дисперсии и частотно-зависимого затухания поверхностных волн Рэлея, проведенного методами механики обобщенных континуумов, прошли апробацию в ЗАО НИЦ КД и включены в тексты разработанного ЗАО НИЦ КД межгосударственного стандарта ГОСТ 35003-2023 и первой редакции национального стандарта ГОСТ Р «Расчеты и испытания на прочность. Определение поврежденности и остаточного ресурса элементов конструкций, подвергаемых малоцикловым усталостным воздействиям, на основе акустических измерений. Общие требования».

Личным вкладом Антонова А.М. является:

1. получение дисперсионных уравнений для поверхностных волн Рэлея, распространяющихся вдоль свободных от напряжений границ полупространств, описываемых моделями обобщенных континуумов (градиентно-упругого; редуцированного микрополярного; содержащего накопленную поврежденность материала);
2. анализ соотношения скоростей сдвиговых волн и поверхностных волн Рэлея для материалов, описываемых уравнениями механики обобщенных континуумов;
3. расчет амплитуд перемещений и напряжений в поверхностной волне от глубины ее проникновения в материал деформируемого полупространства;
4. изучение параметров конической поверхности (конуса Маха), образующейся при движении нормальной нагрузки со сверхзвуковой скоростью по полупространству, состоящему из градиентно-упругого материала.

В 2015 году Антонов А.М. закончил специалитет Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по специальности «Механика», а в 2019 году аспирантуру Института проблем машиностроения РАН – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова – Грехова Российской академии наук» по направлению подготовки 15.06.01 – «Машиностроение».

Работа Антонова А.М. поддерживалась грантами РНФ и РФФИ; Минобрнауки РФ в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности, Минобрнауки РФ в рамках базовой части государственного задания.

Антонов А.М. проделал большую работу, демонстрируя возрастающую самостоятельность в процессе выполнения диссертационного исследования. В настоящее

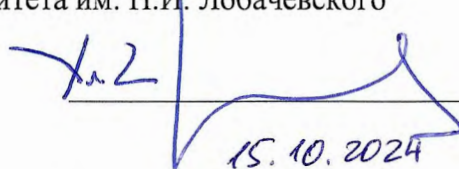
время он является самостоятельным квалифицированным специалистом, способным ставить и решать сложные задачи динамики деформируемого твердого тела.

Результаты диссертационных исследований отражены в 17 публикациях, из них 9 статей опубликованы в ведущих научных журналах (ВАК) и/или в журналах, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science, Scopus, а также в виде трех глав включены в коллективную монографию.

Диссертационная работа Антонова Артема Михайловича выполнена на высоком научном уровне, содержит новые теоретические результаты. Считаю, что диссертационная работа «Дисперсионные свойства поверхностных волн Рэлея, распространяющихся на границах неклассических упругих полупространств» соответствует паспорту специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела и Федеральным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Антонов Артем Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры Теоретической, компьютерной и экспериментальной механики Института информационных технологий, математики и механики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского


15.10.2024

Ерофеев Владимир Иванович

603022, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23, корпус 6

Тел. +7(831) 462-33-20

E-mail: erof.vi@yandex.ru

