

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Антонова Артема Михайловича «Дисперсионные свойства поверхностных
волн Рэлея, распространяющихся на границах неклассических упругих
полупространств» на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук

(1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела).

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Антонова А.М. направлена на изучение основных характеристик распространения поверхностных волн Рэлея в рамках моделей обобщенных континуумов. Рассмотренные в работе неклассические модели градиентно-упругого полупространства и полупространства среды Коссера, в отличие от классических моделей, позволяют описывать такие экспериментально наблюдаемые эффекты, как зависимость фазовой скорости поверхностной волны от ее частоты (дисперсия) и (или) затухание волны. Поэтому полученные результаты проведенного исследования важны для более детального изучения волновых процессов и развития таких направлений как сейсмология, неразрушающий контроль, микроэлектроника. Также в работе рассматривается задача о распространении поверхностных волн в полупространстве из поврежденного материала, изучение которых актуально для дальнейшего развития дефектоскопии технических устройств.

Содержание работы

Диссертация имеет структуру, соответствующую рекомендациям ВАК, и включает в себя введение, 3 главы, заключение, список литературы из 136 наименований и приложение. Общий объем работы составляет 122 страницы текста и 32 рисунка.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, степень ее разработанности, сформулированы цели и задачи исследования, обозначены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены положения, выносимые на защиту и используемые методы исследования.

В первой главе рассмотрены основные типы акустических волн, распространяющихся в деформированных твердых телах. Описаны их основные свойства и характер распространения. Приведен обзор отечественной и зарубежной литературы, близкой по тематике к диссертационному исследованию. Представлены основные результаты исследования поверхностных волн Рэлея в рамках модели изотропного упругого полупространства.

Во второй главе приводится исследование основных характеристик поверхностных волн Рэлея в обобщенном градиентно-упругом полупространстве, в том числе с учетом возбуждения возмущений

сосредоточенным источником, движущимся с постоянной дозвуковой или сверхзвуковой скоростью. Проведен анализ зависимости скорости поверхностной волны от частоты, ее сравнение с фазовой скоростью сдвиговой волны. Показано, что скорости данных волн при определенных условиях могут совпадать, при этом скорость волны Рэлея не может превосходить скорость объемной сдвиговой волны. Приведены аналитические и графические зависимости основных характеристик поверхностных волн, распространяющихся вслед за движущимся источником возмущений.

В третьей главе проводится исследование основных характеристик поверхностных волн Рэлея в динамической модели среды Коссера, в которой в отличие от классической упругой среды, учитываются как вектор перемещений, так и вектор поворота частиц. Установлено, что согласно данной модели, поверхностные волны способны распространяться со скоростями, превышающими фазовые скорости сдвиговых волн. Приведены результаты сравнительного анализа скоростей поверхностных и сдвиговых волн со скоростями аналогичных волн, рассмотренных в главе 2 в рамках модели градиентно-упругого континуума. Во второй части главы решена задача распространения поверхностных волн в рамках модели среды с поврежденным материалом. Приведен обзор литературы развития механики поврежденного континуума. Установлены зависимости фазовой и групповой скоростей от частоты при изменении поврежденности среды.

В заключении изложены основные результаты о проделанной исследовательской работе.

В приложении приведен акт внедрения результатов кандидатской диссертации, касающихся исследования дисперсии и частотно-зависимого затухания поверхностных волн в межгосударственный и национальный стандарты (ГОСТ и ГОСТ Р).

Научная новизна диссертационной работы определяется тем, что в ней впервые для несущего на себе движущуюся со сверхзвуковой скоростью нормальную нагрузку градиентно-упругого полупространства рассчитана коническая поверхность, образующаяся вслед за источником генерации поверхностной волны (конус Маха); а также впервые для упругого полупространства с поврежденностью материала сформулирована и решена самосогласованная задача, состоящая из динамического уравнения теории упругости и кинетического уравнения накопления повреждений в материале среды.

Практическая значимость проведенных исследований подтверждается использованием полученных результатов в нормативных документах (национальном стандарте по технической диагностике и в Евразийском межгосударственном стандарте по неразрушающему контролю), а также в очевидной перспективе использования полученных результатов для оценки

сил волнового сопротивления движению проектируемых высокоскоростных транспортных средств.

Основные научные результаты диссертационной работы:

1. Установлено, что математические модели неклассических континуумов (градиентно-упругая среда, редуцированная среда Коссера) способны описывать экспериментально наблюдаемые, но не описываемые классической теорией упругости эффекты дисперсии поверхностной волны Рэлея и способности поверхностной волны распространяться со скоростями, достигающими и даже превышающими фазовые скорости сдвиговых волн.
2. Выявлены условия генерации поверхностной волны, равномерно движущейся вдоль границы градиентно-упругого полупространства высокоскоростной нагрузкой.
3. Для полупространства, материал которого содержит рассеянную поврежденность поставлена и проанализирована самосогласованная задача, включающая в себя динамические уравнения теории упругости и кинетическое уравнение накопления повреждений.
4. Установлено, что в полупространстве с поврежденным материалом с увеличением частоты фазовая скорость поверхностной волны растет, а групповая скорость падает, при этом в области низких частот наблюдается рост и фазовой и групповой скоростей.

Достоверность результатов, полученных в ходе диссертационного исследования, подтверждается их согласованностью с известными экспериментальными данными, строгим соблюдением основных положений механики сплошных сред, теории колебаний и волн.

Публикации по теме работы. Основные результаты были опубликованы в 17 научных работах, 9 из которых входят в международные базы цитирования (Web of Science и Scopus) и в журналы из перечня ВАК.

Замечания по диссертационной работе

1. Зависимости амплитуд напряжений в поверхностной волне от глубины, изображенные на рис. 2.4 и 2.5, свидетельствуют о том, что кривые напряжений σ_{yy} , σ_{xy} и σ_{yx} ведут себя однотипно: всегда положительны и имеют локальный максимум. А вот поведение напряжений σ_{xx} принципиально иное – они могут принимать отрицательные значения и имеют локальный минимум. Аналогичное справедливо и для рисунка 3.4. К сожалению, в диссертации отсутствует объяснение этого явления с физической точки зрения.
2. Не очень хорошо продуманы обозначения на протяжении всей диссертации. Так, параметр α , будучи волновым числом во 2-й главе, в третьей главе превращается сначала в новую упругую постоянную

микрополярного материала (см. стр. 13 автореферата), а далее (см. стр. 14) становится постоянным параметром, характеризующим поврежденность материала и связь циклических процессов с процессами накопления повреждений. А еще в некоторых местах диссертации α – это индекс, обозначающий разные переменные.

Отмеченные замечания не ставят под сомнение общую высокую оценку работы и квалификации автора. Диссертационное исследование является законченной научной работой, содержит новые научные результаты, имеет высокую теоретическую и практическую значимость в области сейсмологии, микроэлектроники, дефектоскопии, движении высокоскоростных поездов и др.

Диссертационная работа Антонова Артем Михайлович удовлетворяет требованиям положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Глушков Евгений Викторович, _____ «27» 11 2024 г

доктор физико-математических наук,

(специальность 01.02.04 - механика деформируемого твердого тела),

профессор, главный научный сотрудник

Института математики, механики и информатики

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»,

350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, д. 149,

тел.: +7 (861) 219-95-02,

e-mail: evg@math.kubsu.ru

