

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по организации научной и  
проектно-инновационной деятельности  
Южного федерального университета

д.э.н., доц.

И.К. Шевченко

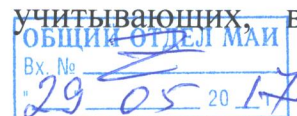
«23» мая 2017г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» о диссертационной работе Архиповой Натальи Игоревны на тему «Применение уточненных теорий стержней и пластин для описания распространения упругих волн в составных элементах конструкций», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «механика деформируемого твердого тела».

**Актуальность темы выполненной работы.** Проблема снижения веса конструкции при сохранении ее надежности в работе, непрерывное увеличение быстродействия и удельной мощности машин, а также широкое внедрение в современную технику новых материалов требуют более полного исследования реального напряженно-деформированного состояния, возникающего в элементах конструкций. Для этого классических линейных теорий стержней и пластин часто оказывается недостаточно и необходимо рассматривать теории более высоких приближений, учитывающих, в



частности, дисперсию упругих волн, частотно-зависимое затухание, геометрическую и физическую нелинейности. Актуальность темы диссертации, ориентированной на исследование дисперсионных, диссипативных и нелинейных эффектов, проявляющихся при распространении продольных и поперечных волн в составных элементах конструкций, не вызывает сомнений.

### **Содержание работы**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и перечислены решаемые задачи, определена научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту. Дано подтверждение достоверности полученных результатов.

**В первой главе** дан обзор публикаций по теме диссертации. Представлены основные положения трех неклассических теорий колебаний стержней и пластин: теории Миндлина-Германа для стержня, теории Тимошенко для стержня и пластины. Представлен краткий анализ дисперсионных характеристик для этих моделей.

**Во второй главе** представлено исследование распространения продольных волн в составном стержне при наличии контактного взаимодействия, пропорционального разности смещений составляющих. Для описания колебаний составного стержня получено уравнение в частных производных четвертого порядка, показано, что при определенных ограничениях на параметры составного стержня уравнение его колебаний переходит в известное уравнение Миндлина-Германа, проведен анализ дисперсионного соотношения. Также проведено сравнение полученного уравнения в частном случае с известной моделью Бишопа. Кроме того, изучена модель составного стержня с учетом вязкоупругого взаимодействия, выявлено влияние вязкоупругих характеристик на дисперсионные соотношения. Изучена аналогичная задача для упругого составного стержня с учетом нелинейности. При анализе бегущих волн показано, что задача сводится к известному

уравнению для ангармонического осциллятора с квадратичной нелинейностью. Установлено, что в этом случае в составном стержне могут существовать уединенные стационарные волны-солитоны различных типов, изучены их свойства.

**В третьей главе** рассмотрены задачи о колебаниях составной струны и составной мембраны в рамках учета линейного контактного взаимодействия компонент. Показано, что при определенных условиях уравнение колебаний эквивалентной струны или мембраны сводится к уравнению для моделей Тимошенко. Изучены соответствующие дисперсионные зависимости. Для составных струны и мембраны исследованы соответствующие нелинейные модели, исследовано влияние различных параметров моделей на динамические характеристики. Показано, что колебания составной мембраны с учетом геометрической нелинейности можно описать модифицированным уравнением Кадомцева-Петвиашвили. Исследованы бегущие волны, показано, что задача сводится к уравнению Дуффинга, построены зависимости амплитуды и ширины солитона от его скорости. Изучены различные случаи поведения солитонов в составной мембране.

**Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Автором диссертации получены следующие новые научные результаты:

1. Предложен подход к исследованию динамики составных (упругих, вязкоупругих и нелинейно-упругих) элементов конструкций, основанный на применении уточненных моделей стержней и пластин, и сходстве дисперсионных зависимостей.
2. Установлены взаимосвязи между математическими моделями: составного стержня, совершающего продольные колебания и стержня Миндлина-Германа (в частном случае стержнем Бишопа); составной струны, совершающей колебания, и балки Тимошенко с натягом; составной мембраны и пластины Тимошенко с натягом.

3. Изучены дисперсионные, диссипативные и нелинейные эффекты при распространении одномерных и двумерных волн в составных структурах, исследованы соответствующие солитонные решения.

### **Значимость для науки практики полученных результатов**

Результаты диссертационной работы в виде нового подхода, позволяющего исследовать динамику составных элементов конструкций, обладают научной и практической значимостью. Реализованные в диссертации исследования могут послужить основой для разработки уточненных моделей при анализе колебаний составных структур .

Результаты проведенных исследований могут быть использованы в расчётной и экспериментальной практике ряда научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций машиностроительного профиля, в частности, РФЯЦ – ВНИИЭФ (г. Саров), ОКБМ им. И.И. Африкантова (г. Н. Новгород), Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (г. Москва), Институт проблем машиностроения РАН (г. Н. Новгород), НИИ механики Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского и др.

Полученные в диссертации результаты могут быть также использованы в учебном процессе в Южном федеральном университете, Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского (НИУ), Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексеева, Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» и его филиале – Саровском физико-техническом институте.

**Достоверность полученных научных результатов** подтверждается их соответствием известным закономерностям теории колебаний и волн, механики сплошных сред, использованием апробированных методов исследований, сравнением с известными результатами, полученными другими авторами, соответствием результатов расчетов известным экспериментальным исследованиям.

### Замечания по диссертационной работе.

1. Все задачи рассмотрены для бесконечных стержней, струн, мембранных и балочных структур. Вместе с тем на практике интерес прежде всего представляет исследование конечных объектов и их резонансных свойств. Формулировка соответствующих граничных условий и решение краевых задач могли бы дать ответ на вопрос – каким образом использование более сложной модели при контактном взаимодействии изменяет резонансные характеристики составных объектов.
2. На с. 28 диссертации имеется текст «Сведение к модели Миндлина-Германа возможно, если параметры составного стержня удовлетворяют условию  $\rho_1 S_1 > 3\rho_2 S_2$ ». Во-первых, автор приравнивает коэффициенты при одинаковых производных в уравнениях (2.2) и (2.4), а достаточно их пропорциональности, во вторых, оценка очень странная, поскольку, если стержни поменять местами, то получится противоположное неравенство.
3. На с. 56 приведено уравнение 4 степени, связывающее частоту и волновые числа и характеризующее дисперсионные поверхности, которые являются поверхностями вращения. По-видимому, при анализе дисперсионного множества на с. 56 и соответствующих графиках 3.5, 3.6 (то же касается и автореферата) имеются ошибки, поскольку из общих свойств дисперсионных множеств следует, что сечения дисперсионного множества по структуре такие же, как и изображенные на рис. 2.3.; нетрудно показать, что уравнение (3.1a) получается из уравнения (2.2), если в (2.2) положить  $S_1 = S_2 = 1, N_j = E_j, j = 1, 2$ . На с. 57 выписано выражение для асимптоты, однако, выражение в правой части формулы также зависит от волновых чисел, соответственно, асимптотическим значением не является.

4. Имеется ряд редакционных замечаний по диссертации и автореферату
- 1) с.15, в формулах (1.9), (1.10) лишним является  $dx$ , неясно, что означает «новый радиус кривизны» и формула для нее на с.16 ;
  - 2) на с. 27 (и далее в диссертации) при описании модели Миндлина-Германа приведено значение скорости продольных волн  $C_1 = \sqrt{\frac{\lambda + \mu}{\rho}}$ .  
Если это свойство модели, то это надо оговорить отдельно и использовать иное обозначение, поскольку известно, что скорость продольных волн в неограниченной среде равна  $C_1 = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$  ;
  - 3) в формуле (3.5) автореферата имеется опечатка вместо  $u_1$  в правой части должно быть  $u_2$ ;
  - 4) на с. 55 , очевидно, речь уже идет не о струнах , а о мембранах;
  - 5) на с. 56 вместо «бигармонического уравнения» должно быть «биквадратного уравнения»; тоже самое относится к с. 12 автореферата, где « система сводится к бигармоническому уравнению, из которого получены дисперсионные зависимости»;
  - 6) на с. 57 вместо «парабола» должно быть «параболоид»
  - 7) использовано одно и то же обозначение для силы  $R$  в задаче о продольных колебаниях стержня (2.1) и для струны (3.1), которые имеют разную размерность.

Несмотря на сделанные замечания, отметим, что они не снижают общего достаточно высокого уровня работы.

Основные результаты диссертационной работы изложены в двадцати трех научных работах, четыре из которых представляют собой статьи из перечня журналов, рекомендуемых ВАК РФ.

Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа «Применение уточненных теорий стержней и пластин для описания распространения упругих волн в составных элементах конструкций» является завершённой научно-квалификационной работой, удовлетворяющей требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Архипова Наталья Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «механика деформируемого твёрдого тела».

Отзыв составлен д.ф.-м.н., профессором Ватульяном Александром Ованесовичем (специальность 01.02.04 –механика деформируемого твёрдого тела, раб адрес 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова 8а. тел.8-918-58-96-075, e-mail vatulyan@math.rsu.ru)

Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры теории упругости Института математики, механики и компьютерных наук ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», протокол заседания № 11 от 22 мая 2017 г.

Заведующий кафедрой  
теории упругости  
Института математики,  
механики и компьютерных наук  
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»  
д.ф.-м.н., профессор

Ватульян Александр Ованесович

Сведения об организации  
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»  
344006. г. Ростов-на-Дону. ул. Б. Садовая , 105/42  
sfedu.ru  
(+7 863) 218-40-00

