



УТВЕРЖДАЮ:

Директор РОАТ,

К.Э.Н.

Покусаев О.Н.

2020г.

## **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Российский университет транспорта (МИИТ)»

на диссертацию Хватова Александра Александровича

«Методы теории Флоке для анализа распространения упругих волн в твёрдых телах с периодической структурой», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

## **Актуальность темы диссертации**

В настоящее время в акустических приложениях наблюдается постоянно рас-  
тущий интерес к интеллектуальным средствам виброизоляции, которыми в том числе  
являются и периодические структуры. Так же использование периодичности позволя-  
ет снизить число вычислений в прикладных задачах вагоностроения, кораблестрое-  
ния, электродинамики и др.

Расширение спектра применяемых моделей позволит использовать более сложные модели для периодических структур более сложной формы, то есть позволит получать аналитические решения для более сложных случаев. В связи с этим актуальность темы диссертации не может быть подвергнута сомнению.

## **Достоверность и новизна основных выводов диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и списка литературы.

**Во введении** приведён краткий обзор существующих исследований в области анализа распространения упругих волн в периодических твёрдых телах.

В первой главе рассмотрена классическая задача о распространении волн в упругом твёрдом теле с периодической структурой. Описывается классическая постановка задачи анализа распространения упругих волн с помощью теоремы Флоке. На примере нескольких задач описываются характерные особенности такого анализа.

Проведён анализ собственных колебаний для задачи о продольных колебаниях стержня. Так же рассматривается метод нахождения полос запирания с помощью граничной задачи для ячейки периодичности. Рассмотрен поток энергии для большинства из представленных задач.

**Во второй главе** рассмотрена практическая задача моделирования виброзолятора. Рассматривается система искривлённых балок Бернулли-Эйлера и описываются основные этапы анализа такой системы в рамках теории Флоке. Отмечается, что периодичность может быть достигнута не только изменением материала, но и других параметров, например, радиуса кривизны.

**В третьей главе** рассмотрена задача о круговой мембране. В работе указано, что теорема Флоке в данном случае не работает и требуется сформулировать аналогичную теорему. Описано несколько подходов, позволяющих прийти к задаче о поиске полос запирания: анализ потока энергии и анализ собственных частот конечной структуры. В качестве обобщения полученных результатов предложено обобщение постоянной распространения в виде функции распространения, зависящей от характерного параметра.

**В четвёртой главе** предлагается задача об периодическом упругом слое. Рассмотрены характерные особенности такой задачи, позволяющие выделять композитные моды, распространяющиеся в периодическом упругом слое. Подобные моды обладают собственной частотой отсечки, которая отличается от частоты отсечки в однородном упругом слое. На примере последовательности аппроксимаций, полученных с помощью разложения поля перемещений в ряд по полиномам Лежандра показано, что частота отсечки композитной моды лежит между частотами отсечек составляющих однородных волноводов.

Каждая глава, кроме второй подкреплена статьёй в журнале, входящем в Q1 Scopus. Таким образом, можно считать, что результаты, полученные в диссертации, обладают новизной. Достоверность обеспечивается совпадением с существующими решениями для частных задач.

### **Научная и практическая значимость**

Результаты, полученные автором, позволяют расширить область применения аналитических моделей для моделирования распространения упругих волн в периодических твёрдых телах. Так же исследованные и разработанные в работе методы позволяют оценить точность существующих моделей.

### **Оценка содержания диссертации**

Диссертационная работа написана современным научным языком. Стиль изложения последовательный, однако имеются незначительные опечатки и неточные описания графиков, представленных в диссертационной работе.

#### Замечания по диссертации:

1. Для практических применений в диссертации следовало бы рассмотреть проблему топологической оптимизации, а именно даёт ли периодическая структура наибольший показатель потерь на вставку среди всевозможных вставок с заданным количеством материала.
2. В Главе 3 недостаточно описан принцип, по которому выбирались условия периодичности для приближённой задачи, а также не приведено сравнение с решением в виде дифференциального уравнения, поэтому создаётся впечатление, что вывод о порядке аппроксимации приближённых условий недостаточно обоснован.
3. Предложение о том, что функция распространения зависит от радиуса в полярных координатах, один из главных выводов Главы 3, следовало бы оформить и доказать в виде теоремы о существовании.
4. В Главе 4 не проанализированы непосредственно поля перемещений, которые могут быть получены с помощью теоремы Флоке и, тем самым, недостаточно освящён вопрос о причинах смещения частот отсечки мод композитного упругого слоя, относительно частот отсечки однородного упругого слоя.

Данные замечания не виляют на общую положительную оценку работы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Имеющиеся публикации (включая 1 статью в журнале, входящем в перечень ВАК и 5 статей, входящих в международную базу цитирования Scopus) Результаты, полученные в диссертации апробированы на достаточном количестве всероссийских и международных конференций.

#### **Заключение**

Диссертационная работа Хватова Александра Александровича «Методы теории Флоке для анализа распространения упругих волн в твёрдых телах с периодической структурой» является законченной научно-квалификационной работой, посвящённой расширению области применимости теоремы Флоке. Результаты, полученные в работе являются новыми и могут быть использованы для дальнейшего развития современных моделей механики упругих тел с периодической структурой.

Таким образом диссертационная работа Хватова А.А. соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемых к диссертации на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры «Транспортное строительство» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)» 2 сентября 2020 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой

«Транспортное строительство»,

д. ф.-м. н., профессор

Локтев Алексей Алексеевич

Секретарь кафедры,

зав. лабораторией

Федорова Снежана Владимировна

125190, Москва, ул. Часовая, д. 22/2, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», Российской открытая академия транспорта  
Рабочий телефон: +7(495)799-95-78  
e-mail: aaloktev@yandex.ru  
<http://miit.ru>

Подпись д.ф.-м.н., профессора Локтева Алексея Алексеевича и Федоровой Снежаны Владимировны заверяю:

