**Щетинин Виталий Николаевич Математическое моделирование эффективных упругих характеристик композиционных материалов с условиями мягкого неидеального контакта**

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Щетинин Виталий Николаевич

Введение

Глава 1. Обзор современных методов, алгоритмов и программных пакетов для моделирования характеристик композиционных материалов с учетом

неидеального контакта между фазами

1.1 Многомасштабное моделирование

1.2 Постановка задачи гомогенизации упругих свойств композиционного материала

1.3 Методы решения задачи гомогенизации

1.3.1 Аналитические методы гомогенизации

1.3.2 Принцип энергетической эквивалентности Хилла-Менделя

1.3.3 Метод асимптотического осреднения

1.4 Вычислительные методы задачи гомогенизации

1.5 Моделирование адгезии в задаче гомогенизации

1.5.1 Подходы к моделированию адгезии

1.5.2 Трехфазная модель композиционного материала

1.5.3 Модели неидеального контакта, полученные с помощью разложения в ряд Тейлора на границе фаз

1.5.4 Классификация моделей неидеального контакта

1.5.5 Модели неидеального контакта, полученные с помощью асимптотических разложений

1.6 Обратная задача гомогенизации

1.6.1 Постановка прямой и обратной задач гомогенизации с условиями неидеального контакта

1.6.2 Методы решения обратной задачи гомогенизации

1.7 Метод конечных элементов для решения задачи гомогенизации

с условиями неидеального контакта

1.8 Современные программные пакеты для расчета эффективных свойств

1.9 Выводы к первой главе

Глава 2. Математическая модель эффективных упругих характеристик композиционных материалов с условиями мягкого неидеального контакта

2.1 Задача статики неоднородной среды с тонким упругим межфазным слоем

2.2 Метод асимптотического осреднения для неоднородной среды с межфазным слоем

2.2.1 Локальная задача для ячейки периодичности с межфазным слоем

2.2.2 Локальная задача для 1/8 ячейки периодичности с межфазным слоем

2.2.3 Эффективные упругие характеристики композиционного материала с межфазным слоем

2.3 Локальная задача с условиями мягкого неидеального контакта

2.4 Процедура осреднения для задачи с условиями мягкого неидеального контакта

2.5 Задача идентификации коэффициентов неидеального контакта

2.6 Выводы ко второй главе

Глава 3. Численный метод решения локальных задач с

условиями мягкого неидеального контакта

3.1 Вариационная формулировка локальной задачи с условиями

мягкого неидеального контакта

3.2 Метод конечных элементов для решения локальной задачи с условиями мягкого неидеального контакта

3.3 Пружинный конечный элемент для моделирования скачка перемещений на границе фаз композиционного материала .... 55 3.3.1 Преимущества и недостатки пружинного конечного

элемента

3.4 Поверхностный конечный элемент для моделирования скачка перемещений на границе фаз композиционного материала

3.4.1 Условия неидеального контакта в конечно-элементном виде

3.4.2 Локальная матрица жесткости поверхностного конечного элемента

3.4.3 Численный метод расчета эффективных упругих характеристик

3.4.4 Алгоритм добавления интерфейсных конечных

элементов в конечно-элементную модель

3.5 Программный комплекс

3.5.1 Общая структура программного комплекса

3.5.2 Библиотека классов для решения задачи гомогенизации

3.5.3 Библиотека классов для решения краевых задач методом конечных элементов

3.5.4 Программный интерфейс пользователя

3.5.5 Методы и алгоритмы для решения прямой и обратной задач гомогенизации с условиями мягкого неидеального контакта

3.5.6 Параллельные вычисления для решения прямых и обратных задач гомогенизации

3.6 Выводы к третьей главе

Глава 4. Вычислительные эксперименты

4.1 Дисперсно-армированный композит

4.1.1 Сравнение результатов расчета эффективных упругих характеристик с условиями идеального контакта и экспериментальных данных

4.1.2 Идентификация параметров межфазного слоя трехфазной модели по экспериментальным данным

4.1.3 Численное сравнение трехфазной модели и модели с условиями мягкого неидеального контакта

4.1.4 Численная идентификация коэффициентов мягкого неидеального контакта для дисперсно-армированного композиционного материала

4.2 Однонаправленный композит

4.2.1 Сравнение результатов расчета эффективных упругих характеристик с условиями идеального контакта и экспериментальных данных

4.2.2 Численное сравнение трехфазной модели и модели с условиями мягкого неидеального контакта

4.2.3 Идентификация коэффициентов неидеального контакта по экспериментальным данным для транстропного композита

4.3 Выводы к четвертой главе

Общие выводы

Заключение

Список литературы