1512401

В.И. Колесников
О.А. Беляк

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ — ОСНОВА КОНСТРУИРОВАНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.И. Колесников
О.А. Беляк

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ — ОСНОВА КОНСТРУИРОВАНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2021

УДК 539.3:531.43
ББК 22.253
К 60

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту 21-11-00004, не подлежит продаже

Колесников В. И., Беляк О. А. **Математические модели и экспериментальные исследования — основа конструирования гетерогенных антифрикционных материалов.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2021. — 216 с. — ISBN 978-5-9221-1916-0.

Монография посвящена исследованию теоретических и экспериментальных закономерностей, возникающих при динамических и квазистатических воздействиях на гетерогенные антифрикционные композиционные материалы. Теоретические исследования проведены на основе модельных задач, решения которых построены развитием подходов, применяемых для решения смешанных задач теории упругости, контактных задач в динамической и квазистатической постановке для оснований, снабженных микроструктурой. Теоретические выводы подтверждены натурными экспериментами, выполненными современными средствами и методами, а также результатами, полученными в рамках других моделей. При этом микроструктура гетерогенных сред с дискретными и непрерывными фазами была учтена в рамках моделей микромеханики и Био–Френкеля. Также рассматриваются вопросы неразрушающего контроля идентификации дефектов в форме полостей в анизотропных многофазных средах.

Книга адресована научным и инженерно-техническим работникам, аспирантам, специализирующимся в области теории упругости, механики контактных взаимодействий, механики сплошных сред, экспериментальной механики, материаловедения, трибологии.

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук, академик РАН *В. А. Бабешко*;
д-р физ.-мат. наук, проф. *Б. М. Лагутин*

1542401

ISBN 978-5-9221-1916-0

© ФИЗМАТЛИТ, 2021
© В. И. Колесников, О. А. Беляк, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 6

Глава 1. **Технологии конструирования и экспериментальное изучение трибологических и механических свойств полимерных композитов** 14

1.1. Технология изготовления полимерных гетерогенных композитов с наноразмерными составляющими 15

1.2. Микроскопические и макроскопические исследования структуры композитов на основе фенилона 21

1.3. Оборудование и методы исследования трибологических характеристик композиционных материалов 29

Глава 2. **Математические модели, описывающие микроструктуру гетерогенных сред** 34

2.1. Определение эффективных модулей гетерогенных сред методами микромеханики 34

2.1.1. Влияние различных форм объемных включений и их ориентации на эффективные модули многофазных материалов. Комплексирование натурных и численных экспериментов при нахождении эффективных модулей гетерогенных сред 40

2.2. Математические модели, описывающие флюидосодержащие пористые среды, на основе систем дифференциальных уравнений в частных производных 57

2.3. Моделирование насыщенных и частично насыщенных флюидом композитов и определение механических характеристик сред Био 65

Глава 3. **Контактные задачи при наличии сил трения, моделирующие напряженно-деформированное состояние гетерогенных композитов при вибрации** 68

3.1. Вибрация штампа при наличии трения на поверхности полупространства, обладающего микроструктурой 68

3.1.1. Постановка задачи о вибрации штампа при наличии трения на поверхности полупространства, обладающего микроструктурой 69

3.1.2. Построение матрицы Грина задачи об установившихся колебаниях полупространства, обладающего микроструктурой . . 70

3.1.3. Сведение краевой задачи о колебаниях штампа на полуограниченном основании, при учете трения в области контакта, к интегральному уравнению. Свойства ядра интегрального уравнения 74

3.1.4. Регуляризация и приближенное решение интегрального уравнения 84

3.1.5. Численный анализ результатов решения задачи об установившихся колебаниях штампа на поверхности гетерогенного полупространства при учете трения в области контакта 89
3.1.6. О влиянии взаимодействия фаз и степени насыщенности гетерогенного основания на контактные давления при колебаниях штампа с учетом трения в области контакта 97
3.2. Вибрация штампа при наличии трения на поверхности гетерогенного слоя 105
3.2.1. Постановка задачи о вибрации штампа при наличии трения на поверхности гетерогенного слоя. Построение матрицы Грина 105
3.2.2. Сведение краевой задачи о колебаниях на гетерогенном слое штампа (при наличии трения в области контакта) к интегральному уравнению. Свойства ядра интегрального уравнения 111
3.2.3. Построение приближенного решения интегрального уравнения. Численный анализ результатов решения контактной задачи о колебаниях штампа на поверхности гетерогенного слоя при учете трения в области контакта 117
3.3. Вибрация штампа с учетом трения в области контакта на поверхности гетерогенной среды с покрытием 122
3.3.1. Постановка задачи о вибрации штампа при наличии трения на поверхности двухслойного гетерогенного полупространства и слоя. Построение матрицы Грина. Структура спектра двухслойной гетерогенной среды 122
3.3.2. Сведение краевой задачи об установившихся колебаниях двухслойного гетерогенного полупространства к интегральному уравнению и построение его решения 127

Глава 4. **Контактные задачи с учетом сил трения, моделирующие напряженно-деформированное состояние гетерогенных композитов при движении штампа** 134
4.1. Постановка задачи о движении штампа при учете трения по гетерогенному полупространству. Сведение краевой задачи к интегральному уравнению. 135
4.2. Построение приближенного решения интегрального уравнения контактной задачи о движении штампа с плоским и параболическим основанием по гетерогенному полупространству при учете трения 139
4.3. Численный анализ результатов решения контактной задачи о движении штампов с различной формой основания по гетерогенному полупространству. 141

Глава 5. **Гетерогенные среды с внутренними дефектами в условиях динамического нагружения. Идентификация дефектов** 148
5.1. Постановка и решение задач о колебаниях слоя, ослабленного цилиндрическими полостями. 149
5.1.1. Постановка задач о колебаниях слоя, ослабленного цилиндрическими полостями. Сведение краевых задач к граничным интегральным уравнениям 150
5.1.2. Асимптотический метод при решении задач о колебаниях слоя с полостью малого характерного размера 158

5.2. Численный анализ результатов решения задач о колебаниях слоя с цилиндрическими полостями 164
5.2.1. Исследование задач о колебаниях слоя с полостями на основе конечно-элементного метода 165
5.2.2. Построение численного решения задач о колебаниях слоя с полостями на основании метода граничных интегральных уравнений 170
5.3. Обратные геометрические задачи идентификации дефекта в виде цилиндрической полости 179
5.3.1. Решение обратных геометрических задач на основе генетических алгоритмов 181
5.3.2. Решение обратных геометрических задач на основе асимптотического метода для дефектов малого характерного размера 186
Список литературы 191