

2. Метод пошуку несправностей в складних електронних приладах з урахуванням зовнішніх факторів/ Є.В. Нікітенко// Математичні машини і системи. – 2014. – №1. – с. 70-79.

УДК 517.958:531.12

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРЕДСТАВНИЦЬКИХ ЕЛЕМЕНТІВ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

С.М. Ющенко

Чернігівський національний технологічний університет, Україна

Активне впровадження високоякісних та багатофункціональних матеріалів у різні галузі промисловості призводить до фундаментальних наукових пошуків створення нових наноконпозиційних матеріалів. Наноконпозити – це різнорідні матеріали з двох чи більше компонентів, мінімальні розміри хоча б одного з яких становлять 1-100 нм. Наноконпозиційні матеріали мають унікальні характеристики порівняно з традиційними композитами, зокрема високу механічну міцність та здатність до розсіювання енергії. Високі механічні, електричні, теплові та дисипативні параметри наноутворень роблять їх унікальними армуючими елементами для багатофункціональних композитів конструкційного призначення [1].

Оскільки конпозиційні матеріали складаються з декількох фаз – матриці та армування, то у процесі дослідження виникають труднощі щодо вибору єдиного методу визначення властивостей конпозиту, який би враховував відмінності будови його складових. Для дослідження та розрахунку властивостей конпозиційного матеріалу використовуються як експериментальні, так і теоретичні методи. Проте зазвичай експерименти на наноструктурних об'єктах досить складні і потребують дорогого обладнання. Найбільш розповсюдженим шляхом дослідження властивостей конпозиційних матеріалів на сьогоднішній день є теоретична побудова моделей за допомогою математичного апарату з використанням властивостей компонентів матеріалу, які дозволяють врахувати структурні особливості і вид напружено-деформованого стану [2,3].

Прогнозування поведінки наноконпозитів є досить складною задачею. Один з основних теоретичних підходів до визначення властивостей наноконпозиційного матеріалу описується у монографії [4]. При розробці математичних моделей наноконпозитів переважно використовують методи механіки мікроконпозитів, у яких застосовується модель кусково-однорідного середовища з осередненими властивостями. Перехід від мікронеоднорідного до макрооднорідного середовища

здійснюється шляхом осереднення структури композита з врахуванням властивостей його складових. При цьому виділяють представницький елемент об'єму, усереднені характеристики якого відображають властивості усього нанокompозиту і називаються ефективними.

Серед методів осереднення властивостей композитів для знаходження ефективних характеристик виділяють енергетичні методи, що ґрунтуються на рівності енергій деформації неоднорідного і еквівалентного йому однорідного середовища [2,3].

Для підвищення точності розрахунку ефективних характеристик з урахуванням складних граничних умов, структурної неоднорідності та розподілу напружень і деформацій використовують чисельні методи, серед яких широкого розповсюдження набув метод скінченних елементів [2,3,5]. Цей метод полягає у заміні однорідного матеріалу сукупністю скінченних елементів. Такий підхід ґрунтується на введенні гіпотези про періодичність структури композиту, тобто регулярність розташування армуючих елементів усередині матеріалу. Таким чином, ефективні характеристики, змодельовані для одного представницького елемента, узагальнюються на весь матеріал.

Вибір представницького елемента залежить від виду, розподілення та направленості армуючих елементів у нанокompозиті. Нановключеннями можуть бути нановолокна, нанотрубки, наночастинки, наношари, наноплівки тощо. Наприклад, для нанокompозитів з однонаправленими нановолокнами можна виділити представницький елемент у вигляді куба з волокном круглого перерізу всередині (рис.1). Такі моделі представницьких елементів є параметричними, що дозволяє змінювати топологію в заданих межах.

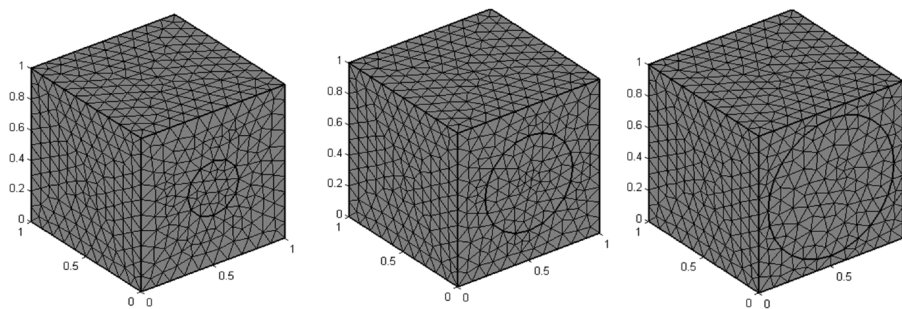


Рис.1 – Одиничні представницькі елементи нанокompозиту з різним діаметром волокна

Більшість досліджень наноструктурних об'єктів та механізмів виконуються у CAD-CAE системах, таких як ANSYS, MCS/NASTRAN, ABAQUS, CATIA, SolidWorks, AutoCAD та ін. Використання цих програмних пакетів для вирішення нанорівневих задач суттєво виправдо-

вується можливістю застосування механіки суцільного середовища та дослідження дискретно-континуальних моделей [6].

Вищевказаний підхід до моделювання структури матеріалу може бути використаним для моделювання нанокomпозиційних матеріалів більш складної структури. Така спроба була реалізована на прикладі композиту з нанопоповнювачами міцелярної структури [5]. Реалізація методу скінченних елементів здійснювалася за допомогою програмного пакету ANSYS 12.0. Полімерний нанокomпозит моделюється як в'язкопружний композиційний матеріал. Для побудови скінченно-елементних моделей використовується об'ємний 20-вузловий скінченний елемент 20node186 з бібліотеки ANSYS. Ефективні характеристики – компоненти матриці модулів та декременти коливань – визначаються за вищезгаданим енергетичним методом.

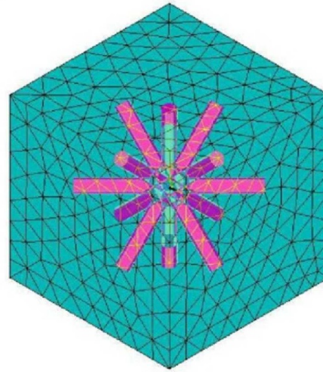


Рис. 2 – Представницький елемент нанокomпозиту з міцелюю [5]

Отже, методи механіки мікрокомполітів, зокрема енергетичні та метод скінченних елементів, можуть бути використані для розробки математичних моделей та визначення ефективних характеристик нанокomпозиційних матеріалів. Побудовані моделі представницьких елементів свідчать про можливість застосування методу скінченних елементів для моделювання нанокomпозиційних матеріалів з різними схемами армування.

Література

1. J. Gou, S. O'Braint, H. Gu, G. Song. Damping Augmentation of Nanocomposites Using Carbon Nanofiber Paper // Journal of Nanomaterials. – 2006. – P. 1-7.
2. Дубенець В. Г. Визначення ефективних характеристик в'язкопружних композиційних матеріалів / В. Г Дубенець, О. О. Яковенко // Проблеми прочності. – 2009. – № 4. – С. 124–132.
3. Яковенко О.О. Чисельний аналіз ефективних динамічних характеристик в'язкопружних композиційних матеріалів: дис... канд. техн. наук: 31.05.10 / О.О. Яковенко; НТУ України «КПІ». – К., 2010. – 153 с.

4. Гузь А.Н. Введение в механику нанокompозитов: монография // А.Н. Гузь, Я.Я. Рушицкий, И.А. Гузь. – К.: Институт механики им. С.П. Тимошенко, 2010. – 398 с.
5. Дубенець В.Г. Чисельний аналіз ефективних характеристик нанокompозитних матеріалів / В.Г. Дубенець, О.О. Горбатко, О.Л. Деркач // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів: ЧДТУ, 2012. – № 55. – С. 46-58.
6. Михайлов И.С. О ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАНООБЪЕКТОВ // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – №3. – Режим доступа: www.science-education.ru/97-4691.

УДК 004.81

**ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ. МАТЕМАТИЧНА ФОРМАЛІЗАЦІЯ
ЗАДАЧІ КОМПЛЕКСНОГО КОГНІТИВНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ.**

Скітер І.С., Трунова О.В., Маргасов Д.В.

Чернігівський національний технологічний університет, Чернігів, Україна

Гібридна когнітивна карта (ГКК) оцінки енергоефективності об'єкту являє собою граф, вершинами якого є концепти двох видів: фактори і індикатори. Формально ГКК можна задати у вигляді [1]:

$$G = \langle F, I, R^{FF}, R^{FI}, P, R^{FP} \rangle \quad (1)$$

де F - множина факторів,

I - множина індикаторів;

$R^{FF} \subset F \times F$ - множина причинно-наслідкових зв'язків між факторами;

$R^{FI} \subset F \times I$ множина асоціативних зв'язків між факторами та індикаторами;

P - множина процедур оцінки факторів (фазифікації, кластеризації, групування, нечіткого виведення);

R^{FP} - множина відношень, які пов'язують фактори і процедури.

Множину факторів $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$ для побудови когнітивної нечіткої моделі будемо визначати як деякі властивості системи, що можуть бути оцінені якісно або непараметрично.

Для кожного окремого фактору f_i з множини $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n\}$ поставлена у відповідність лінгвістична змінна, яка характеризується терм-множиною