

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕХАНИКЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Соколов А.П., Ничеговский Е.С., Макашов А.А.

аспирант 2-го года обуч., аспирант 1-го года обуч., аспирант 2-го года обуч.

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана,
факультет ФН, кафедра ФН-11, Москва, Россия

E-mail: alsokolo@yandex.ru, drblast@mail.ru, amakashov@gmail.com

В работе разработан конечно-элементный метод решения специального класса задач механики композитов «на ячейке периодичности», формулировка которых впервые была предложена Н.С.Бахваловым и Б.Е.Победрей. В данной работе предложен метод решения этих задач, имеющих интегродифференциальный тип и периодические граничные условия, основанный на сведении их к серии задач «классического» типа – со стандартными граничными условиями, для которых может быть эффективно применен метод конечного элемента (МКЭ). В работе разработана МКЭ процедура, численный метод и программное обеспечение для решения задач расчета эффективных физико-механических характеристик композитов с различными структурами армирования. Рассмотрены три типа таких характеристик: тензор эффективных модулей упругости (Соколов А.П.), тензор эффективных теплопроводностей (Ничеговский Е.С.) и набор эффективных функций пластичности (Макашов А.А.) (рассматривалась модель малых упруго-пластических деформаций А.А.Ильюшина при активном нагружении для компонентов композита). Разработано специализированное программное обеспечение, позволяющее проводить следующую последовательность вычислений: 1) генерацию конечно-элементной сетки для ячейки периодичности с широким выбором типа армирования (одно-направленное армирование, ортогональное 3-D армирование, тканевое армирование и прочие), 2) решение задачи "на ячейке периодичности" и расчет микронапряжений и микротепловых потоков, 3) расчет эффективных характеристик композитов, 4) расчет тензоров концентрации напряжений и тепловых потоков, 5) визуализация вычислений пространственно-армированного упруго-пластического композита. С помощью разработанного метода вычислены эффективные упруго-пластические характеристики композита как при одноосном нагружении, так и при многоосном.

Литература

1. Ю.И.Димитриенко Тензорное исчисление – М.: Высшая школа, 2001.
2. Б.Е.Победря Механика композиционных материалов – М.:МГУ, 1984. - 336 стр.
3. Н.С.Бахвалов, Г.П.Панасенко Осреднение процессов в периодических средах – М.:Наука, 1984.
4. Ю.И.Димитриенко, А.И.Кашкаров Расчет эффективных характеристик композитов с периодической структурой методом конечного элемента – Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана, серия "Естественные науки", 2001.
5. Ю.И.Димитриенко, А.И.Кашкаров, А.В.Харченко Численные методы расчета упругих характеристик композиционных материалов со сложными структурами армирования – Реутов: Аэрокосмические технологии, ТРУДЫ ВНТК, Россия 2002.
6. Санчес-Паленсия Неоднородные среды и теория колебаний – М.:Мир, 1984.
7. Дж.Сендецки, Механика композиционных материалов (Композиционные материалы Том 2) – М.:Мир, 1978
8. Р.Кристенсен, Введение в механику композитов – М.:Мир, 1982