

**Исследование НДС композита В4С/А1 с учетом прогрессирующего разрушения материала**

**Клементьев Петр Дмитриевич**

*Аспирант*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра теории пластичности, Москва, Россия  
*E-mail: piter1997@gmail.com*

В основе доклада лежит идея расширенной версии классического метода асимптотического осреднения [1,2], заключающаяся в утверждении, что двух масштабный метод получения решения применим к структурам, обладающим представительным объемом [3]. На локальном уровне решаются задачи моделирования прогрессирующего разрушения с учетом микроструктуры композитного материала с целью получения решения задачи прогрессирующего разрушения уже осредненного материала на глобальном уровне. Применение данного подхода обусловлено невозможностью решения задачи с учетом микроструктуры на больших областях ввиду малого отношения характерного размера включений и размера всего тела композитного материала.

В докладе методом конечных элементов решаются локальные задачи метода асимптотического осреднения на представительных областях композитного материала с матрицей из алюминиевого сплава и дисперсными включениями особо прочных частиц карбида бора В4С/А1 [4]. Особенностью работы является использование снимков реальной микроструктуры материала В4С/А1 для построения конечно-элементных сеток. В ходе доклада решаются задачи на двумерных сетках, демонстрируются изображения поврежденной микроструктуры. Так же проводится решение на трехмерных представительных областях и сравнение с двумерными образцами с целью определения возможности использования 2D снимков для решения задачи моделирования разрушения материала.

В ходе решения локальных задач продемонстрированы различные методы моделирования разрушения на уровне микроструктуры материала: деградация всего конечного элемента в случае наступления разрушения; задание определяющих соотношений, описывающих разрушение в каждой гауссовой точке элемента отдельно [5]. Определяющие соотношения позволяют описать постепенное разрушение, выбрать параметр скорости разрушения в отличие от метода, основанного на разрушение конечного элемента мгновенно. Проведено сравнение подходов между собой, продемонстрированы графики осредненных напряжений, показаны полученные изображения полей деформаций. Также проведено сравнение численно полученных результатов с экспериментальными данными. Установлена качественная взаимосвязь между решением конечно-элементных задач и экспериментом.

**Источники и литература**

- 1) Бахвалов Н.С. Осреднение дифференциальных уравнений с частными производными с быстро осциллирующими коэффициентами // Докл. АН СССР. 1975. 221, № 3, С. 516-519.
- 2) Бахвалов Н.С., Панасенко Г.П. Осреднение процессов в периодических средах. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1984. 352 с.
- 3) Савенкова, Маргарита Ивановна. Применение метода осреднения к материалам с физически нелинейными свойствами : диссертация ... кандидата физико-математических наук : 01.02.04 / Савенкова Маргарита Ивановна; [Место защиты: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова].- Москва, 2013.- 131 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-1/451

- 4) Sheshenin S., Artamonova N., Klementyev P. Applications of the asymptotic homogenization to materials with periodic and non-periodic micro structures // Proceedings in applied mathematics and mechanics. 2021, Vol. 21, № 1.
- 5) Качанов Л.М. Основы механики разрушения. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1974. 311 с.