

**К вопросу о численной оценке эффективных коэффициентов жесткостного демпфирования композиционных материалов**

**Научный руководитель – Яковлев Максим Яковлевич**

*Мусяченко Анна Сергеевна*

*Студент (специалист)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва,  
Россия

*E-mail: anna.musiiachenko@math.msu.ru*

Гомогенизация (оценка эффективных механических характеристик) гетерогенных материалов – одна из основных задач механики композитов. В частности, актуальна задача осреднения демпфирующих свойств неоднородных материалов.

В докладе описан метод и приведены некоторые результаты численной оценки эффективных коэффициентов жесткостного демпфирования композиционных материалов [1]. Эффективный материал (с точки зрения жесткостного демпфирования) – такой модельный сплошной однородный материал, который удовлетворяет следующему условию: если мы рассматриваем представительный объем исходной неоднородной среды (композита) и точно такой же объем заполним эффективным материалом, то при одинаковых граничных условиях в виде силовых нагрузок (давление) средние (осредненные по объёму) деформации в обоих объёмах будут изменяться во времени одинаково.

Для определения эффективных коэффициентов жесткостного демпфирования композиционного материала проводится численное моделирование на представительном объёме композита – достаточно большом объёме, чтобы результаты вычислений на нём можно было корректно распространить на весь материал в целом [2]. На представительном объёме решается серия задач линейной теории вязкоупругости (модель Максвелла, представляющая собой последовательное соединение линейно-упругого и вязкого элементов). В рамках модели напряжение зависит как от деформации, так и от времени.

Используется сочетание статической и динамической постановок задачи. В обеих постановках к представительному объёму композита прикладывается постоянное давление, задающее одноосное растяжение (вдоль каждой из трёх координатных осей). В результате решения каждой статической краевой задачи осредняются по объёму деформации. В результате решения каждой динамической задачи (на достаточно малом промежутке времени) осредняется скорость деформации. Эффективные коэффициенты демпфирования материала вычисляются из трёх эффективных деформаций и трёх эффективных скоростей деформаций.

Поскольку композиционные материалы зачастую имеют регулярную (периодическую) структуру, в качестве представительного объёма для них используется ячейка периодичности. В этом случае при решении статических и динамических краевых задач задаются периодические граничные условия: модель деформируется так, что и после деформации остаётся ячейкой периодичности.

В докладе приведены результаты расчётов эффективных демпфирующих коэффициентов для волокнистого и слоистого композитов. Приводится сравнение с аналитическими формулами, подтверждающее корректность вычислений.

**Источники и литература**

- 1) A. Treviso, B. Van Genechten, D. Mundo, M. Tournour. Damping in composite materials: Properties and models // Composites Part B: Engineering, 78, 2015. – P. 144-152.
- 2) Rodney J. Hill. Elastic properties of reinforced solids: Some theoretical principles // Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 11(5), 1963. – P. 357-372.