

**О влиянии структуры и пористости на диссипативные свойства.****Научный руководитель – Лурье Сергей Альбертович*****Пискун Денис Евгеньевич****Аспирант*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
 Механико-математический факультет, Кафедра механики композитов, Москва, Россия  
*E-mail: denis.piskun.01@mail.ru*

Исследуются демпфирующие свойства композиционных материалов с вязкоупругими матрицами в рамках градиентных моделей, учитывающих микроструктуру, а также в рамках моделей пористости.

Мотивацией для исследования послужила серия статей [1-3], показавшая, что композиты различного строения, содержащие включения с тонкими вязкоупругими покрытиями, могут обладать сверхвысокими демпфирующими свойствами, которые более чем на порядок превышают свойства вязкоупругих покрытий, являющихся источниками диссипации. Более того, данный результат можно получить, используя одномерную постановку. Поэтому было решено посмотреть, как изменяются результаты, при использовании неклассических моделей.

Исследованные модели формулировались на основании вариационного подхода.

Плотность внутренней энергии в градиентной модели в одномерной постановке формулируется в виде

$$U_V = \frac{1}{2}C(R')^2 + \frac{1}{2}C\lambda_g^2(R'')^2,$$

где  $R$  – перемещения,  $\lambda_g$  – параметр микроструктуры.

Для формулировки плотности внутренней энергии в модели пористости используются результаты статьи [4], в которой была разработана модель сплошных сред с сохраняющимися дислокациями на основе вариационного кинематического принципа. Плотность внутренней энергии  $U_V$  для дефектных пористых сред в одномерной постановке имеет вид:

$$U_V = \frac{1}{2} (C(R')^2 + G\varphi^2 + 2SR'\varphi + C\lambda_p^2(\varphi')^2),$$

где величина  $\varphi$  называется пористостью и является первым инвариантом неоднородного решения уравнений Папковича.

Данный подход был использован в работе [5]. К серединам стержней приложены напряжения  $\sigma$ , а в модели пористости дополнительно наложено условие отсутствия момента  $M_i = \partial U_V / \partial \varphi' = C\lambda_p^2 \varphi' = 0$ , так как моменты являются локальным эффектом на границах зон однородности. В обеих моделях задача была решена в перемещениях, а потом было получено явное выражение для эффективного модуля композита. При представлении модуля матрицы как комплексного были найдены явные выражения модуля упругости и модуля потерь эффективного материала.

Полученные результаты подвергаются анализу: обсуждаются полученные изменения упругих и диссипативных свойств в обеих моделях. Градиентная модель говорит, что пик диссипативных свойств становится шире, но ниже. При этом упругие свойства убывают медленнее. Модель пористости даёт понимание, насколько дефекты типа пористости уменьшают как упругие, так и диссипативные свойства.

### Источники и литература

- 1) Gusev, Andrei A., and Sergey A. Lurie. "Loss amplification effect in multiphase materials with viscoelastic interfaces." *Macromolecules* 42, no. 14 (2009): 5372-5377.
- 2) Lomakin, E.V., Lurie, S.A. and Rabinskiy, L.N., 2023, May. Structure and Mechanical Characteristics of Composites with High Damping Properties. In *Doklady Physics* (Vol. 68, No. 5, pp. 171-176). Moscow: Pleiades Publishing.
- 3) Lurie, S., Minhat, M., Tuchkova, N. and Soliaev, J., 2014. On remarkable loss amplification mechanism in fiber reinforced laminated composite materials. *Applied Composite Materials*, 21(1), pp.179-196.
- 4) Lurie, S.A. and Kalamkarov, A.L., 2007. General theory of continuous media with conserved dislocations. *International Journal of Solids and Structures*, 44(22-23), pp.7468-7485.
- 5) Lurie, S.A. and Solyaev, Y.O., 2013. Simulation of the mechanical properties of nanostructured porous ceramics. *Russian Metallurgy (Metally)*, 2013(4), pp.272-281.