

## Модифицированная моментная теория термоупругих криволинейных панелей на базе гипотез Шереметьева-Пелеха

*Сперанский Игорь Андреевич*

*Студент (бакалавр)*

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Физико-технический факультет, Математика и моделирование (МиМ), Саратов, Россия  
*E-mail: sper-igor@mail.ru*

С внедрением в инженерную практику новых полимерных композиционных материалов (армированных пластмасс и др.) значительно возрос интерес к обоснованию и обобщению теории балок, пластин и оболочек. Построение соответствующей теории расчета элементов из этих материалов, учитывающей специфические особенности их поведения и, в том числе, низкую трансверсальную (сдвиговую) жесткость, градиентность материала по одному или двум направлениям, а также размерно-зависимое поведение при размерах порядка микро- и нанометрах является на настоящий момент актуальной задачей.

Микро- и нано-размерные балки, пластинки и оболочки широко используются в микро- и нано электромеханических системах, таких как датчики колебаний, микро-приводы, микропереключатели.

Один из путей уточнения классической теории оболочек связан с применением моделей более высокого порядка. В 1964 году двое украинских ученых М.П. Шереметьев и Б.Л. Пелех [1] предложили обобщение теории Тимошенко, которое учитывает не только поворот нормали к срединной линии, но и ее искривление.

В последнее время, было предпринято много попыток для разработки различных теорий, позволяющих моделировать масштабные эффекты в континууме, такие как: моментная теория упругости [5], нелокальная теория упругости [3], градиентная теория упругости [2], и поверхностная упругость [4].

В работе построена математическая модель упругих криволинейных балок и цилиндрических панелей на базе сдвиговой модели третьего порядка (Шереметьева - Пелеха), которая учитывает градиентность материала в двух направлениях, температурную зависимость свойств материала, модифицированную теорию моментных напряжений и нелинейные деформации по Карману. В частности, расширена модифицированную моментную теорию на случай функционально-градиентных цилиндрических панелей с использованием кинематики третьего порядка и нелинейности по Карману и выводим уравнения движения с использованием принципа Гамильтона.

Создан комплекс программ для исследования нелинейно-хаотической динамики балок и цилиндрических панелей по описанным выше гипотезам.

### Источники и литература

- 1) Шереметьев М.П., Пелех Б.Л., К построению уточненной теории пластин / Инженерный журнал, 1964, Т.4, Вып. 3, С. 34-41.
- 2) Aifantis E. C., Strain gradient interpretation of size effects, Int. J. Fract. 95, 1999, pp. 299–314.
- 3) Eringen A. C. , Nonlocal polar elastic continua, Int. J. Eng. Sci. 10, 1972, pp. 1–16.
- 4) Gurtin M. E., Weissmuller J., Larche F., The general theory of curved deformable interfaces in solids at equilibrium, Philos. Mag. A 78, 1998, 1093–1109.

- 5) Mindlin R. D., Tiersten H. F., Effects of couple-stresses in linear elasticity, Arch. Ration.Mech. Anal. 11, 1962, pp. 415–448.