

## Параметричні коливання п'єзоелектричних в'язкопружних циліндричних панелей з урахуванням деформацій поперечного зсуву

Козлов В.І., Зінчук Л.П.

Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАНУ, Київ, Україна

У різноманітних технічних галузях знаходять широке застосування тонкостінні конструктивні елементи із композиційних матеріалів, зокрема до складу яких входять і п'єзоелектричні складові. Такі елементи є досить чутливими до різних навантажень, що змінюються в часі. Як відомо, в таких елементах конструкцій періодичні навантаження у серединній площині можуть викликати поперечні коливання, які в свою чергу можуть призвести до параметричного резонансу при певній комбінації параметрів зовнішнього навантаження та власної частоти поперечних коливань.

У роботі представлено чисельно-аналітичний підхід до розв'язання задач про параметричні коливання шаруватих шарнірно закріплених п'єзоелектричних в'язкопружних циліндричних панелей при електромеханічному гармонічному навантаженні. Математичну модель побудовано з використанням механічних гіпотез про пошарову апроксимацію деформацій зсуву квадратичними функціями по товщині панелі, які доповнено адекватними гіпотезами щодо розподілу електричних польових величин, коли відмінними від нуля є компоненти вектора напруженості електричного поля та нормальна складова вектора електричної індукції. Дисипативні властивості матеріалів враховуються на основі теорії лінійної в'язкоелектропружності. Для розв'язання поставлених задач розроблено методику, що ґрунтується на використанні варіаційного принципу та представленні шуканих величин у вигляді розкладу у подвійні тригонометричні ряди. Це дає можливість звести розглянуті задачі до рівнянь типу Матьє-Хілла з врахуванням дисипації енергії, які розв'язуються методом гармонічної лінеаризації, що дозволяє визначити межі областей динамічної нестійкості.

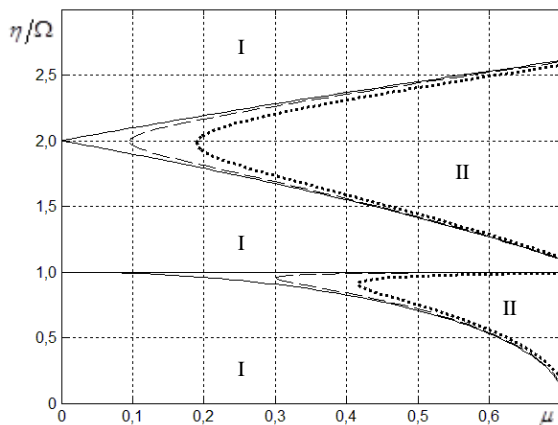


Рис.1. Межі областей нестійкості при різних значеннях декременту дисипації.

Визначення областей динамічної нестійкості є однією з основних задач теорії параметричних коливань. Застосовуючи підхід Болотіна В. В., отримано наближені формули, що визначають межі областей динамічної нестійкості і розраховано області динамічної нестійкості для різних значень декременту дисипації  $\Delta$ , частоти навантаження  $\eta$ , коефіцієнта збудження  $\mu$ . Розрахунки проводились для тришарової симетричної циліндричної панелі, зовнішні шари якої виготовлені з в'язкопружного п'єзоелектричного матеріалу PZT (EC-65), а внутрішній – з трансверсально-ізотропного в'язкопружного матеріалу. Розглянуто випадок, коли панель затиснута рівномірно розподіленими по контуру механічними

зусиллями виду  $N_{xx} = -N_{xx}^0 - N_{xx}^1 \cos \eta t$ ,  $N_{yy} = 0$ ,  $N_{xy} = 0$ , а на електродованих поверхнях задані нульові значення потенціалів. На рис.1 представлено межі 2-х перших зон нестійкості при різних значеннях декременту дисипації  $\Delta$ :  $\Delta = 0$  (суцільні лінії),  $\Delta = 0,3$  (штрихові лінії),  $\Delta = 0,6$  (пунктирні лінії). Зокрема встановлено, що дисипація енергії робить неможливим виникнення параметричного резонансу при невеликих значеннях коефіцієнта збудження  $\mu$ . Також досліджено вплив деформацій зсуву на розміщення зон нестійкості для різних геометричних параметрів панелі.