

МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ КОЛИВАНЬ БАЛКИ З П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОЮ НАКЛАДКОЮ ПРИ ДІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

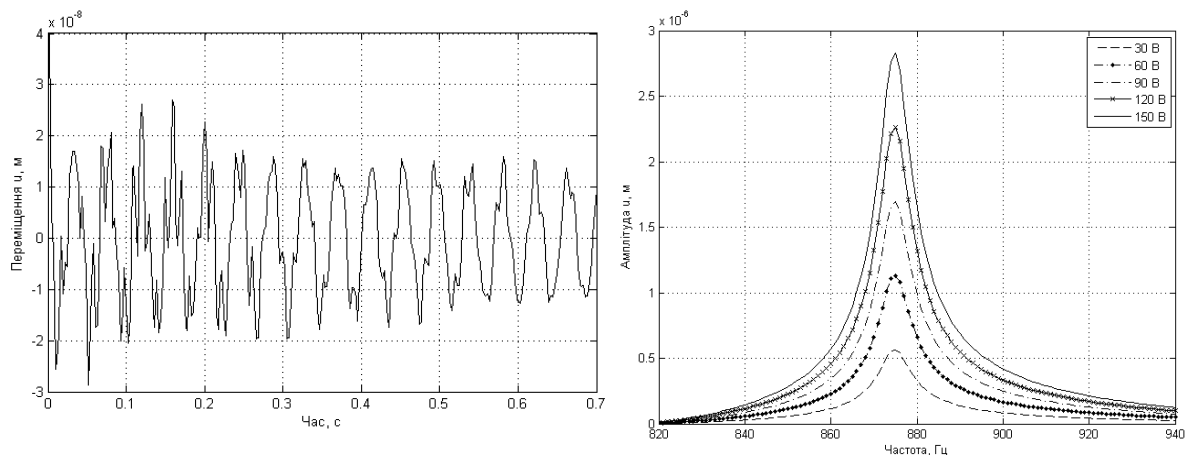
Доцент Савченко О. В., аспірант Деркач О. Л.
Чернігівський національний технологічний університет

Використання п'єзоелектричних матеріалів як активних елементів, так званих актуаторів, для збудження коливань або зменшення їх амплітуд в елементах конструкцій потребує вивчення явища оберненого п'єзоелектричного ефекту – виникнення деформацій при прикладенні до тіла електричного навантаження. Тому на етапі проектування “інтелектуальних” композитних конструкцій [1, 2] для аналізу силових впливів актуатора на елементи конструкцій важливою задачею є розрахунок коливань при дії електричних навантажень [3], які збуджують коливання або зменшують їх амплітуду (при активному демпфіруванні).

У роботі в рамках лінійної фізичної моделі матеріалів розглядаються нестационарні електричні збудження коливань балки з поляризованою по товщині п'єзоелектричною накладкою. Результати одержано за допомогою методики скінченно-елементного моделювання в просторі інтегральних перетворень Фур'є [4]. Ця методика дозволяє врахувати реальні фізичні частотно-залежні характеристики розсіяння енергії у пасивних і активних композиційних матеріалах.

Скінченно-елементний варіант системи рівнянь динаміки і електростатики, одержаних за допомогою принципу Гамільтона-Остроградського, у частотному просторі інтегральних перетворень Фур'є мають вигляд рівнянь лінійної теорії пружності з комплексними модулями відносно зображень переміщень і електричного потенціалу.

Результати розрахунків показані на рис.1: переміщення серединної точки конструкції при дії різниці потенціалів 150 В на електроді (а); амплітудно-частотна характеристика конструкції для ряду пікових значень електричного удару (б).



а

б

Рис. 1

З урахуванням розсіяння енергії у матеріалі, визначено еквівалентні напруження σ_{ekv} (рис. 2): під час електричного навантаження (а), та після – вільні коливання (б).

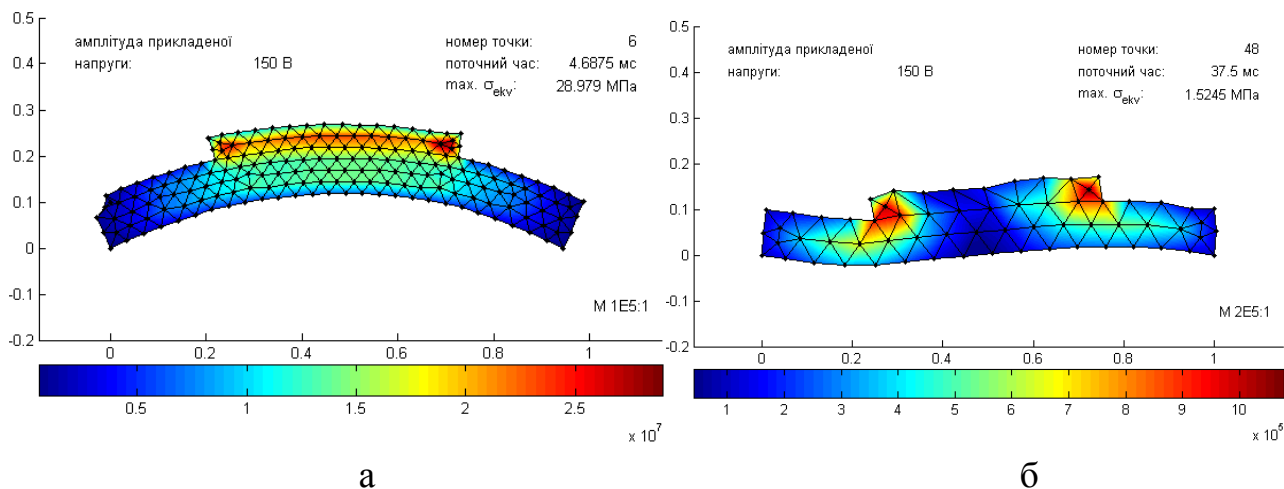


Рис. 2

Напруження, які виникають в активному п'єзоелектричному елементі, можуть стати причиною часткової або повної втрати п'єзоелектричних властивостей [5]. Тому набувають актуальності задачі аналізу сил, деформацій і напружень в з'єднанні п'єзоелемента з основою. З метою зменшення концентрації напружень, побудовано епюри дотичних сил, які виникають в з'єднанні активного п'єзоелектричного елемента з основою при дії електричного навантаження. Розрахунки показали, що при одному і тому ж рівні електричного навантаження, зміна форми накладки забезпечує перерозподіл сили вздовж лінії контакту п'єзоелектричного елемента з несучою конструкцією.

Показано доцільність задач оптимізації форми активної накладки з метою підвищення ресурсу і ефективності роботи активного п'єзоелектричного елемента. Розглянуту математичну модель можна використати для розв'язання задачі оптимізації за критерієм максимального збудження коливань з обмеженнями на максимальні напруження, що дозволить підвищити якість роботи п'єзоелектричного актуатора та ефективність керування композитними елементами конструкцій.

Література.

1. Crawley E. F. Use of piezoelectric actuators as elements of intelligent structures / E. F. Crawley, J. de Luis // AIAA Journal. – 1987. – Vol. 25. – P. 1373-1385.
2. Cheng J. Development of a smart composite pipe joint integrated with piezoelectric layers under tensile loading / J. Cheng, X. Wu, G. Li, F. Taheri, Su-Seng Pang // Int. J. of Solid and Struct. – 2006. – Vol. 43. – P. 5370-5385.
3. Григорьева Л. О. Колебания пьезокерамического цилиндра при нестационарном электрическом возбуждении / Л. О. Григорьева // Прикл. мех. – 2007. – Т. 43, № 3. – С. 73-79.
4. Дубенец В. Г. Колебания демпфированных композитных конструкций / В. Г. Дубенец, В. В. Хильчевский. – К.: Вища школа, 1995. – Т. 1. – 226 с.
5. Писаренко Г. Г. Прочность пьезокерамики / Г. Г. Писаренко. – К.: Наук. думка, 1987. – 232 с.