

УДК 539.3

ВИМУШЕНІ РЕЗОНАНСНІ КОЛИВАННЯ ТА ДИСИПАТИВНИЙ РОЗІГРІВ ШАРУВАТОЇ КОНІЧНОЇ ПАНЕЛІ ІЗ В'ЯЗКОПРУЖНИХ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Володимир Козлов, Юрій Лелюх, Любов Зінчук

Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України

`thermo_imech@ukr.net, yult84@ukr.net, zinchuk_imech@ukr.net`

Елементи конструкцій у вигляді шаруватих зрізаних конусів, порожнистих циліндрів, що містять в'язкопружні п'єзоелектричні включення, використовуються у різноманітних пристроях сучасної техніки. На роботоздатність таких елементів, які в процесі експлуатації можуть перебувати під дією інтенсивних гармонічних електромеханічних навантажень з частотами, близькими до резонансних, суттєво впливає зв'язаність термоелектромеханічних полів та рівень дисипативного розігріву, що і зумовлює практичний інтерес до вивчення динамічної поведінки вказаних елементів [1, 2].

У цій роботі з використанням чисельного підходу [3] у тривимірній постановці досліджено вимушені коливання і дисипативний розігрів тришарової в'язкопружної п'єзоелектричної конічної панелі у випадку, коли фізико-механічні властивості шарів панелі не залежать від температури. Зазначимо, що знаходження розв'язку таких задач зводиться до розв'язування послідовності лінійних задач електров'язкопружності з комплексними електромеханічними характеристиками і задач нестационарної теплопровідності з відомим джерелом тепла. Розроблена методика розв'язання зазначених лінійних задач електромеханіки і нестационарної теплопровідності ґрунтується на запропонованому авторами варіанті методу скінченних елементів у варіаційній постановці, де було використано ізопараметричні просторові двадцятичотирихвуглові елементи з квадратичною апроксимацією компонент вектора переміщень, електричного потенціалу та температури в елементі по координатах r і z , а основною їх особливістю є апроксимація невідомих функцій в коловому напрямку тригонометричним поліномами.

Розглянуто тришарову конічну панель постійної товщини, яка складається із зовнішніх однакових п'єзоелектричних шарів з радіальною поляризацією, що розділені металевим прошарком. Зовнішні поверхні панелі покриті

нескінченно тонкими електродами. Використано паралельне електричне з'єднання, коли на зовнішні електроди подається заданий потенціал, що збуджує електромеханічні гармонічні коливання з круговою частотою, близькою до резонансної, а внутрішній металевий шар є заземленим.

Представлено результати чисельного моделювання термоелектромеханічної поведінки тришарової в'язкопружної п'єзоелектричної конічної панелі у випадку шарнірного закріплення її країв. Вважалось, що панель знаходиться в умовах конвективного теплообміну з навколишнім середовищем.

Розрахунки проведено для панелі, виготовленої з п'єзокерамічних шарів PZT (EC-65) [4] та шару алюмінію. Досліджено розподіл власних частот вказаної конічної панелі. Розраховано електромеханічні характеристики та визначено температуру дисипативного розігріву для різних геометричних параметрів конічної панелі. Досліджено вплив величини електричного навантаження на амплітудно-частотні та температурно-частотні характеристики в околі першого резонансу.

1. *Карнаухов В.Г., Михайленко В.В.* Нелинейная термомеханика пьезоэлектрических неупругих тел при моногармоническом нагружении. – Житомир: ЖГТУ, 2005. – 428 с.
2. *Karnaikhov V.G., Kyrychok I.F., Kozlov V.I.* Thermomechanics of Inelastic Thin-Wall Structural Members with Piezoelectric Sensors and Actuators under Harmonic Loading (Review) // *Int. App. Mech.* – 2017. – **53**, No 1. – P. 6–58.
3. *Карнаухов В.Г., Козлов В.И., Завгородний А.В., Умрыхин И.Н.* Вынужденные резонансные колебания и диссипативный разогрев тел вращения из вязкоупругого пьезоэлектрического материала // *Прикладная механика.* – 2015. – **51**, № 6. – С. 12–22.
4. *Sabat R.G., Mukherjee B., Ren W., Yung G.* Temperature dependence of the complete material coefficients matrix of soft and hard doped piezoelectric lead zirconate titanate ceramics // *J. Appl. Phys.* – 2007. – **101**. – P. 06411 – 1 – 7.

FORCED RESONANCE VIBRATIONS AND DISSIPATIVE HEATING OF LAYERED CONICAL PANEL MADE OF VISCOELASTIC PIEZOELECTRIC MATERIALS

The results of numerical simulation of the thermoelectromechanical behavior of a three-layer viscoelastic piezoelectric conical panel in the case of hinged fastening of its edges are presented. The distribution of natural frequencies of the conical panel was studied. The electromechanical characteristics were calculated and the dissipative heating temperature was determined for various geometric parameters of the conical panel. The influence of the magnitude of the electric load on the amplitude-frequency and temperature-frequency characteristics in the vicinity of the first resonance was studied.