

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ФЛАТТЕРУ ПОДАТЛИВИХ ДО ТРАНСВЕРСАЛЬНОГО ЗСУВУ ПЛАСТИН-СМУГ

Володимир Боднар, Михайло Марчук

Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України

volodymyrbodnar.97@gmail.com; mv_marchuk@urr.net

Пластинчаті елементи є важливими тримкими складниками відповідальних конструкцій різноманітних інженерних галузей, зокрема аерокосмічної [5]. Їхня механічна поведінка за дії експлуатаційних навантажень часто відіграє визначальну роль у збереженні цілісності та функціональної придатності вказаних об'єктів. Особливо це проявляється у випадках навантажень у вигляді трансзвукових і надзвукових потоків газів, коли при певних конструктивних параметрах пластини виникають самозбуджені вібрації – флаттер [3,4]. Це явище достатньо добре досліджене на основі класичних моделей пластин аналітичними методами для одновимірних випадків і чисельними та експериментальними – для двовимірних. Однак, воно недостатньо вивчене для випадку композитних матеріалів пластин.

Прямокутні пластини, один із розмірів яких у серединній площині значно менший від іншого, прийнято називати пластинами-смугами. Для моделювання їхнього динамічного деформування використанні одновимірні співвідношення варіанту уточненої теорії пластин [2], що враховує основну властивість композитних матеріалів – податливість до трансверсального зсуву [1]. На цій основі отримане розв'язальне рівняння відносно динамічного прогину w

$$w^{IV} - \frac{2\rho h}{D} \ddot{w} - \frac{2\rho h}{\Lambda} \ddot{w}'' - \frac{M_a}{D} \left(\frac{D}{\Lambda} w''' + \frac{D}{V} \dot{w}'' - w' - \frac{1}{V} \dot{w} \right) = 0, \quad (1)$$

де M_a – характеристика аеродинамічного потоку, а V – його швидкість [3];
 $D = 2h^3 E / 3(1 - \nu^2)$; $\Lambda = 2k'hG'$; $2h$ – товщина пластини-смуги; E та ν – модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона; $k' = 14/15$; G' – трансверсальний модуль зсуву; ρ – густина матеріалу.

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2024», 27–29 травня 2024 р., Львів

Для знаходження розв'язку рівняння (1) необхідно відшукати корені характеристичного рівняння

$$\lambda^4 + A_1\lambda^3 + A_2\lambda^2 + A_3\lambda + A_4 = 0,$$

де коефіцієнти A_i , $i=1,4$ визначаються через коефіцієнти в (1) і кожен має свій фізичний зміст.

Структура розв'язку рівняння (1) залежить від співвідношень між коефіцієнтами A_i , $i=1,4$ та їх комбінацій і потребує дослідження для кожного конкретного випадку, що дає змогу визначити критичну швидкість V_* , при якій настає явище флаттеру.

1. Механика композитов [Текст]: в 12 т. / под общ. ред. акад. НАНУ А. Н. Гузя; Акад. наук України, Ин-т механики. – Киев: Наукова думка, 1993.
2. Осадчук В. А., Марчук М. В. Математична модель динамічного деформування податливих до зсуву та стиску композитних пластин // Прикл. проблеми механіки і математики. – 2005. – Вип. 3. – С. 43–50.
3. Dowell E.H. (1970): Panel flutter: A review of the aeroelastic stability of plates and shells. AIAA J 1970; 8 (3): 385-399/ <https://doi.org/10.2514/3.5680>
4. Garrick, I.E. and Reed III, W.H. (1981) Historical Development of Aircraft Flutter. Journal of Aircraft. 18 897-912. <https://doi.org/10.2514/3.57579>
5. Ugural Ansel C. Plates and Shells: Theory and Analysis. 4th Edition. – Boca Raton: CRC Press, 2017. – 618 p.

FEATURES OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE FLUTTER OF PLATES-STRIPS PLIABLE TO TRANSVERSAL SHEAR

A mathematical model of the aerodynamic behavior of composite plates-strips is proposed on the basis of a variant of the refined plate theory. Solvent and characteristic equations are obtained. The peculiarity in comparison with the classical model is the presence of additional terms with derivatives along the time coordinate from the deflection function and from the load along the spatial coordinate, as well as in the solution structure.