

ВПЛИВ ЗМІНИ НАПРЯМКУ ОРТОТРОПІЇ НА ДИНАМІЧНУ ПОВЕДІНКУ ПЛАСТИНИ З ОТВОРАМИ ЗА ДІЇ РОЗПОДІЛЕНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЇЇ ПОВЕРХНІ

Ольга Тужеляк

Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Івано-Франківськ, oliatuzheliak@gmail.com

Розглянуто задачу про усталені поперечні коливання ортотропної пластини, яка містить N отворів довільної конфігурації. Серед них є N_1 отворів, на контурах яких задано компоненти переміщень, N_2 отворів, де задано компоненти зусиль та N_3 отворів, де задано комбінації компонент переміщень і зусиль. Контури отворів позначаємо кривими $L^{(j)}$, $j = \overline{1, N}$. Зовнішня межа пластини має довільну форму, а її контуром є три взаємодоповнюючі криві $L^{(N+1)}$, $L^{(N+2)}$ та $L^{(N+3)}$, на яких можуть бути задані різні крайові умови. На поверхні пластини діє гармонічне в часі довільне розподілене навантаження, яке задається функціями q , m_1 , m_2 .

Ключова система диференціальних рівнянь даної задачі в межах уточненої теорії пластин, яка враховує поперечні зсуви та всі інерційні компоненти, має вигляд

$$[L]\{U\} = -\{P\}, \quad \{U\} = \{w, \gamma_1, \gamma_2\}^T, \quad \{P\} = \{q, m_1, m_2\}^T,$$

$$L_{11} = \Lambda_1 \frac{\partial^2}{\partial \alpha_1^2} + \Lambda_2 \frac{\partial^2}{\partial \alpha_2^2} - 2h\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2}, \quad L_{22} = D_1 \frac{\partial^2}{\partial \alpha_1^2} + D_{12} \frac{\partial^2}{\partial \alpha_2^2} - \Lambda_1 - \frac{2h^3}{3} \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2},$$

$$L_{33} = D_{12} \frac{\partial^2}{\partial \alpha_1^2} + D_2 \frac{\partial^2}{\partial \alpha_2^2} - \Lambda_2 - \frac{2h^3}{3} \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2}, \quad L_{23} = (D_1 \nu_{12} + D_{12}) \frac{\partial^2}{\partial \alpha_1 \partial \alpha_2},$$

$$L_{32} = (D_{12} + D_2 \nu_{21}) \frac{\partial^2}{\partial \alpha_1 \partial \alpha_2}, \quad L_{12} = -L_{21} = \Lambda_1 \frac{\partial}{\partial \alpha_1}, \quad L_{13} = -L_{31} = \Lambda_2 \frac{\partial}{\partial \alpha_2},$$

де $D_i = \frac{2h^3 E_i}{3(1 - \nu_{ij} \nu_{ji})}$, $D_{ij} = \frac{2h^3 G_{ij}}{3}$, $\Lambda_i = 2hG_{i3}$, $i, j = 1, 2$; $i \neq j$. Тут

використано позначення статті [1]. Крайові умови наведені в [2]. Розв'язок задачі побудовано на основі непрямого методу граничних елементів та послідовнісного представлення функцій Гріна [2]. Отримано числові результати для часткових випадків задачі про коливання прямокутної шарнірно опертої пластини, яка містить два отвори круглої форми з різними

типами закріплення за дії розподіленого навантаження на деякій прямокутній ділянці на поверхні пластини. Досліджено динамічну поведінку пластини у випадку зміни напрямку ортотропії матеріалу.

На рис. 1 показано зміну амплітуди прогину вздовж лінії розташування отворів (осі α_1) прямокутної шарнірно опертої пластини (товщина – $2h = 0.01$ м, сторони: $l_1 = 2$ м, $l_2 = 1$ м,) з двома круглими отворами ($R_1 = R_2 = 0.2$ м), на контурах яких задано компоненти переміщень, у випадку зміни напрямку ортотропії. Взято такі фізичні характеристики

пластини: $\rho = 2800$ кг / м³,

суцільна лінія – $E_1 = 159$ ГПа,

$E_2 = 63$ ГПа,

$G_{12} = G_{13} = 28$ ГПа,

$G_{23} = 13$ ГПа, $\nu_{12} = 0.27$,

$\nu_{21} = E_1\nu_{12} / E_2$;

штрихова лінія – $E_1 = 63$ ГПа,

$E_2 = 159$ ГПа, $G_{12} = 13$ ГПа,

$G_{13} = G_{23} = 28$ ГПа,

$\nu_{21} = 0.27$, $\nu_{12} = E_1\nu_{21} / E_2$. З

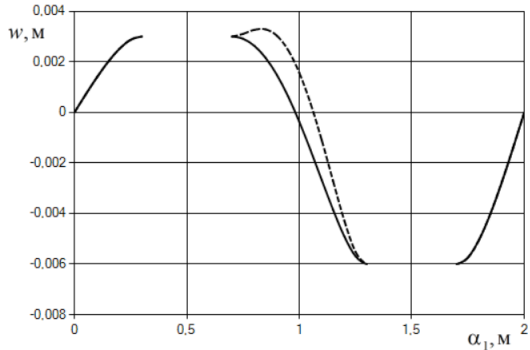


Рис. 1

рисунок видно, що у даній конфігурації зміна напрямку ортотропії суттєво впливає на амплітуду прогину пластини у зоні між отворами, на відміну від ділянок біля її межі.

1. *Shopa T. V.* Transverse vibration of an orthotropic plate with a collection of holes of arbitrary configuration and mixed boundary conditions // *Materials Science*. – 2018. – **54**, No. 3. – P. 368–377.
2. *Shopa T. V., Tuzheliak O. I.* Transverse vibration of an orthotropic plate with a set of holes of any shape with regard for the distributed load on the surface // *Materials Science*. – 2022. – **57**, No. 4. – P. 502–510.

INFLUENCE OF ORTHOTROPY DIRECTION CHANGE ON THE DYNAMIC BEHAVIOR OF THE PLATE WITH CUTOUTS UNDER DISTRIBUTED LOAD ACTING ON THE SURFACE

In the framework of a refined theory, which takes into account transverse shear deformation, the solution of the problem on the steady state transverse vibration of the orthotropic plate with any number of cutouts of the arbitrary geometrical form and location is constructed. An arbitrary harmonic in time distributed external load is applied on the surface of the plate. The solution is built on the basis of the indirect boundary elements method. Numerical results for partial cases of the problem are presented and the influence of orthotropy direction change on the dynamic behavior of the plate is investigated.