

QOVUSHOQ - ELASTIK UCH QATLAMLI PLASTINKANING ERKIN TEBRANISH JARAYONIDA ASOSIY XOS CHASTOTASINI ANIQLASH

Saipnazarov J.M., Xo‘jayev L.H., Xujaqulov N.T., Baratov Sh.O.

QDTU dotsenti, f-m.f.f.d (PhD). jonibeksaipnazarov@gmail.com

QDTU dotsenti, f-m.f.f.d (PhD). lochintemur@gmail.com

QDTU assistenti xujaqulovnavruz1@gmail.com

QDTU talabasi shaxriyorbaratov23@gmail.com

Annotatsiya. Bu ishda to‘rtburchakli uch qavatli plastinkani erkin tebranishini ko‘rib chiqiladi. Plastinkaning to‘rtta burchaklari qo‘zgalmas sharnir bilan maxkamlangan bo‘lsin deb olingan. Plastinkaning tebranishlar tenglamasi variatsion prinsip asosida olingan. Olingan tebranishlar tenglamasi analitik yechilib sonli natijalar olingan. Ishlab chiqilgan metodika asosida olingan sonli natijalar dasturiy ta‘minot asosida olingan natijalar bilan solishtirilgan.

Kalit so‘zlar: plastinka, erkin tebranish, sharnirli tayanch, variatsion prinsip, chastota, konstruksiya, buralish, salqilik, dissipativ, relaksatsiya yadrosi, qovushoq – elastik.

KIRISH. Hozirgi kunda ko‘p qatlamli plastinkalar turli muhandislik sohalarida, jumladan mashinasozlik, qurilish, aviatsiya va kemasozlik sanoatlarida keng qo‘llanilmoqda. Bunday konstruksiyalar yengil vaznga ega bo‘lishi bilan birga yuqori mustahkamlik va barqarorlikni ta‘minlaydi. Ayniqsa, qovushoq-elastik materiallardan tashkil topgan uch qatlamli plastinkalar tebranishlarni so‘ndirish xususiyati bilan ajralib turadi. Shu sababli bunday konstruksiyalarning dinamik xususiyatlarini, xususan erkin tebranish jarayonidagi asosiy xos chastotalarini o‘rganish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Ko‘p qatlamli plastinkalarning tebranish jarayonlarini tadqiq qilish masalasi mexanika fanining dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur ishda to‘g‘ri to‘rtburchak shaklli uch qatlamli qovushoq-elastik plastinkaning erkin tebranish jarayoni ko‘rib chiqiladi va uning asosiy xos chastotasini aniqlash masalasi tadqiq etiladi. Tadqiqot jarayonida plastinkaning fizik-mexanik xossalari hamda qatlamlar o‘zaro ta‘siri hisobga olinadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi — to‘g‘ri to‘rtburchakli uch qatlamli qovushoq-elastik plastinkaning erkin tebranishidagi asosiy xos chastotasini aniqlash va uning dinamik

xususiyatlarini tahlil qilishdan iborat. Olingan natijalar ko‘p qatlamli konstruksiyalarni loyihalash va ularning tebranish jarayonlarini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi.

MASALANI QO‘YILISHI VA YECHISH METODIKASI.

Plastinkani biror burchaklaridan birida biz OXY dekart koordinatalar sistemasini joylashtiramiz. O‘lchamlari OX va OY o‘qlari bo‘ylab plastinkani mos ravishda a va b deb belgilangan tomonlarda yotadi. To‘rtburchakli uch qavatli plastinkani erkin egilishdagi tebranishlarining variasion tenglamasi ikkinchi bobdan kelib chiqsak quyidagicha bo‘ladi. Normalni buralishini ham hisobga olsak variasion tenglama quyidagicha bo‘ladi [1,2]

$$\begin{aligned} \int_0^a \int_0^b L \delta w dx dy - \int_0^b [Q_x \delta w]_0^a dy - \int_0^a [Q_y \delta w]_0^b dx &= 0, \\ \int_0^a \int_0^b L_x \delta \theta_x dx dy - \int_0^b [M_x \delta \theta_x]_0^a dy - \int_0^a [M_{xy} \delta \theta_x]_0^b dx &= 0, \\ \int_0^a \int_0^b L_y \delta \theta_y dx dy - \int_0^b [M_{xy} \delta \theta_y]_0^a dy - \int_0^a [M_y \delta \theta_y]_0^b dx &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

bunda

$$\begin{aligned} L &= K_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + K_x \frac{\partial \theta_x}{\partial x} + K_y \frac{\partial \theta_y}{\partial y} + B_p \omega^2 w, \\ L_x &= -K_x \frac{\partial w}{\partial x} + D_{11} \frac{\partial^2 \theta_x}{\partial x^2} + D_{33} \frac{\partial^2 \theta_x}{\partial y^2} - K_x \theta_x + (D_{12} + D_{33}) \frac{\partial^2 \theta_y}{\partial x \partial y}, \\ L_y &= -K_y \frac{\partial w}{\partial y} + D_{22} \frac{\partial^2 \theta_y}{\partial y^2} + D_{33} \frac{\partial^2 \theta_y}{\partial x^2} - K_y \theta_y + (D_{12} + D_{33}) \frac{\partial^2 \theta_x}{\partial x \partial y}, \\ Q_x &= K_x (\theta_x + \frac{\partial w}{\partial x}), \quad Q_y = K_y (\theta_y + \frac{\partial w}{\partial y}), \end{aligned}$$

Uch qatlamli plastinkaning asosiy chastotasini aniqlashning samarali usuli Galyorkinning taqribiy usulini qo‘llashdan iborat. Buning uchun salqilik $w(x, y)$, $\theta_x(x, y)$, $\theta_y(x, y)$ – analitik ko‘rinishdagi ifodalar bilan almashtirib olinadi OX, OY o‘qlari bo‘ylab

$$w = AU_x + BU_y + CU_x U_y, \quad \theta_x = DV_x + PV_x U_y, \quad \theta_y = FV_y + TV_x V_y \quad (2)$$

bu yerda A, B, C, D, F, P, T - noma'lum kattaliklar; U_x, V_x, U_y, V_y – approksimasiya qilingan funksiyalar bo'lib, quyidagi ko'rinishlarga ega

$$U_x(x) = \sin \lambda_1 x, V_x(x) = \cos \lambda_1 x, U_y(y) = \sin \lambda_2 y, V_y(y) = \cos \lambda_2 y, \\ \lambda_1 = \pi / a, \lambda_2 = \pi / b.$$

Oxirgi olingan funksiyalar variatsiyasi qo'yidagicha bo'ladi

$$\delta w = U_x \delta A + U_y \delta B_y + U_x U_y \delta C, \delta \theta_x = V_x \delta D + V_x U_y \delta P, \\ \delta \theta_y = V_y \delta F + U_x V_y \delta T \quad (3)$$

Ular bir jinsli algebraik tenglamalar sistemasini tashkil etadi. Bir jinsli algebraik tenglamalar sistemasini trivial bo'lmagan yechimga ega bo'lishi uchun asosiy aniqlovchisi nolga teng bo'lishi kerak. Bundan quyidagicha kubik tenglamani olamiz [3]:

$$\gamma_3 \Omega^3 + \gamma_2 \Omega^2 + \gamma_1 \Omega + \gamma_0 = 0.$$

Agar qovushoq elastik mexanik sistema o'rganilsa, u xolda kubik tenglama hadlari oldidagi koeffitsiyentlar $\gamma_0(\omega_R), \gamma_1(\omega_R), \gamma_2(\omega_R), \gamma_3(\omega_R)$ chastotani haqiqiy qismiga bog'liq bo'ladi. Bu yerda $\Omega = \omega^2, \omega = 2\pi f, f$ – chastota bo'lib gs o'lchanadi. Bu ishlab chiqqan metodika bo'yicha birinchi asosiy chastota topiladi

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sqrt[3]{12\gamma_3(3\gamma_1\gamma_2 - 9\gamma_0\gamma_3) + \sqrt{(12\gamma_1^3\gamma_3 - 3\gamma_1^2\gamma_2^2 - 54\gamma_3\gamma_2\gamma_1\gamma_0 = 81\gamma_0^2\gamma_3^2 + 12\gamma_2^3\gamma_0)) - 8\gamma_2^2}}{16\gamma_3(12\gamma_1\gamma_3 + 4\gamma_2^2 - 2\gamma_2)}} - \frac{1}{2\gamma_3}}.$$

SONLI NATIJALAR VA TAHLILI.

Uch qatlamli qovushoq – elastik to'rtburchakli turli xil o'lchamdagi va qalinlikdagi plastinkalarni asosiy chastotasini topish bilan shug'ullanamiz. Tashqi qatlamli plastinkalarni parrametrlari quyidagicha:

$$E_x = 50 \text{ ГПа}, E_y = 50 \text{ ГПа}, G_{xy} = 21 \text{ ГПа}, G_{xz} = G_{yz} = 4 \text{ ГПа}, \\ \nu_{xy} = \nu_{yx} = 0.30, \rho = 1500 \text{ кг} / \text{м}^3$$

To'ldiruvchini fiziko – mexanik xususiyati quyidagicha:

$$G_{xz} = 400 \text{ МПа}, G_{yz} = 220 \text{ МПа}, \rho = 83 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Plastinkaning o'lchamlari quyidagicha $b = 1 \text{ m}, a = 0.5; 1; 2 \text{ m}.$

1 –jadval.

Asosiy chastotani qalinligiga bog‘liq o‘zgarishi

h_0, m	$h_z(a=1, b=2)$	$h_z(a=1, b=2)$	$h_z(a=1, b=2)$	$h_z(a=1, b=2)$	$h_z(a=1, b=2)$	$h_z(a=1, b=2)$
	0.01m	0.05m	0.1m	0.01m	0.05m	0.1m
0.002	35,40323	115,8264	176,7201	29,7564	87,9423	146,0646
0.004	41,46511	150,1305	251,4235	32,8465	114,3162	178,0835

Tashqi qatlam qalinligi h quyidagicha 0.001 va 0.002, to‘ldiruvchini qalinligi 0.01, 0.05, 0.1m. Relaksatsiya yadrosi[4]: $R_k(t) = A_k e^{-\beta_k t} / t^{1-\alpha_k}$. Bu yadroning parametrlari $A = 0,048$, $\beta = 0,05$ va $\alpha = 0,1$ ga teng. Olingan sonli natijalar 1 jadvallarda keltirilgan. Ko‘rinib turibdiki ikki dasturiy ta‘minot asosida olingan chastotalarni haqiqiy qismlari orasidagi farq 15% farq bilan ustma ust tushar ekan. Bu ABACUS dasturiy ta‘minotini sonli yechish usuliga asoslanganligi bilan izohlanadi. Bu paragrafda asosan eng kichik kompleks chastotani haqiqiy va mavhum qismlarini topish metodikasi va natijalari keltirildi. Agar dissipativ bir jinsli mexanik sistema ko‘rilsa, u holda bu metodika (asosiy chastotani topish to‘liq mexanik sistemani holatini xarakterlab beradi. Agar mexanik sistema dissipativ bir jinsli bo‘lmasa, u holda boshqa yuqori chastotalar va ularni mavhum qismlarini ham tekshirish kerak bo‘ladi.

XULOSA

Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipidan foydalanib erkin tebranishlarini ifodalovchi chiziqli xususiy hosilali integro - differensial tenglamalar sistemasi olindi. Ularni qanoatlantiruvchi chegaraviy va boshlang‘ich shartlar keltirildi. Masalalarning matematik qo‘yilishi, yechish metodikasi va algoritmi ishlab chiqildi. Ikki dasturiy ta‘minot asosida olingan chastotalarni haqiqiy qismlari orasidagi farq 15% farq bilan ustma ust tushishi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Reddy, J.N. A simple higher-order theory for laminated composite plates. J. Appl. Mech. 1984, 51, 745–752.

2. Саипназаров Ж.М., Распространение волн в двухслойной упругой среде Buxoro Davlat universiteti ilmiy axboroti 2024/9 (114). P.82-91
3. Monterrubio L. E., Ilanko S. Proof of convergence for a set of admissible functions for the Rayleigh – Ritz analysis of beams and plates and shells of rectangular planform // Computers & Structures. 2015. Vol. 147. 15 January. Pp. 236–243.
4. Narita Y. Polya counting theory applied to combination of edge conditions for generally shaped isotropic plates // EPI International Journal of Engineering. 2019. Vol. 2. No. 2. Pp.194–202.
5. Esanov N.K., Saipnazarov J.M., Almuratov SH.N., Ishmamatov M, Raxmonova G.X. Free Vibrations of a Spherical shell with a Pinched Edge. IV International Conference on Advances Scienc, Engeneering and Digital Education (29-31 May 2024).
6. Сафаров И.И., Эсанов Н.Қ., Саипназаров Ж.М., Халилов Ш.Ф., Колебания плоской вязкоупругой спиральной пружины Journal of Advances in Engineering Technology Vol.3(15), July – September, 2024