



OSILGAN MASSALARI BO'LGAN QOVUSHQOQ-ELASTIK ORTOTROP PLASTINKALARNING XOS TEBRANISHLARI

Jalolov Farruh Baxshulloyevich

Osiyo Xalqaro Universiteti, “Muhandislik va texnologiyalar” kafedrası o'qituvchisi

Annotatsiya. Ishda qovushqoq-elastik prujinka orqali yig'ilgan massa osilgan to'rtburchakli va doiraviy ortotrop plastinkalarning xos tebranishlari o'rganilgan. Masala “muzlatish”, o'zgaruvchilarni ajratish, Reley–Rits, Gauss va Myuller usullari asosida yechilgan. Markazga qo'yilgan massa 1 kg dan 100 kg gacha oshirilganda birinchi xos chastota taxminan 7 marta kamayishi, ikkinchi va uchinchi chastotalar esa deyarli o'zgarmasligi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: qovushqoq-elastik plastinka, ortotropiya, osilgan massa, kompleks chastota, relaksatsiya yadrosi, energiya dissipatsiyasi, dempferlash koeffitsiyenti.

NATURAL VIBRATIONS OF VISCOELASTIC ORTHOTROPIC PLATES WITH SUSPENDED MASSES

Jalolov Farruh Baxshulloyevich

Asia International University, Lecturer at the Department of Engineering and Technology

Abstract. The paper studies natural vibrations of rectangular and circular orthotropic plates with lumped masses suspended on viscoelastic springs. The problem is solved using the freezing method, separation of variables, the Rayleigh–Ritz method, and the Gauss and Muller methods. It is shown that when the mass attached at the centre of the plate increases from 1 kg to 100 kg, the first natural frequency decreases by a factor of about 7, while the second and third frequencies remain practically unchanged.

Keywords: viscoelastic plate, orthotropy, suspended mass, complex frequency, relaxation kernel, energy dissipation, damping coefficient.

Kirish

Samolyotlar, suv va yer transport vositalarida o'rnatilgan elektron va navigatsion qurilmalar ko'pincha yupqa plastinkalarga biriktiriladi. Tebranish jarayonida bunday konstruksiyalarda rezonans xavfi ortadi, shu sababli ularning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini aniqlash dolzarb masaladir [1, 2].

Yig'ilgan massalar biriktirilgan plastinkalar dinamikasi ko'plab tadqiqotlarda o'rganilgan. Biroq massa plastinkaga deformatsiyalanuvchan (qovushqoq-elastik) element orqali osilgan va mexanik tizim dissipativ bir jinsli bo'lmagan hollar yetarlicha o'rganilmagan. Bunday tizimlarda energiya dissipatsiyasini boshqarish tebranishlarni so'ndirishning samarali yo'li hisoblanadi [3].



Ishning maqsadi — osilgan massali qovushqoq-elastik ortotrop plastinkalarning xos tebranishlarini analitik va sonli yechish metodikasini ishlab chiqish hamda massa va bikrlilik parametrlarining kompleks chastotalarga ta’sirini baholash.

Masalaning qo‘yilishi va yechish usuli

Qalinligi h , zichligi ρ bo‘lgan qovushqoq-elastik plastinkaga qovushqoq-elastik prujinkalar orqali m_k ($k = 1, 2, \dots, N$) massalar osilgan. Plastinka va prujinkalarning bikrliliklari operator ko‘rinishida yoziladi:

$$\tilde{D}\varphi = D_0 \left[\varphi(t) - \int_0^t R(t-\tau) \varphi(\tau) d\tau \right], \quad (1)$$

bu yerda D_0 — oniy bikrlilik, $R(t)$ — relaksatsiya yadrosi. Hisoblashlarda kuchsiz singulyar uch parametrlilik Koltunov–Rjanitsin yadrosi olingan:

$$R(t) = A \frac{e^{-\beta t}}{t^{1-\alpha}}. \quad (2)$$

Plastinka va osilgan massalarning harakat tenglamalari:

$$\tilde{D} \nabla^2 \nabla^2 w + \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = q + \sum_{k=1}^N \tilde{C}_k (u_k - w) \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_k), \quad (3)$$

$$m_k \ddot{u}_k + \tilde{C}_k (u_k - w(\mathbf{r}_k)) = p_k, \quad (4)$$

bu yerda w — plastinka salqiligi, u_k — k -massaning ko‘chishi, $\tilde{C}_k$ — prujinkaning operator bikrligi, δ — Dirak delta funksiyasi.

Integro-differensial tenglamalarga “muzlatish” usuli qo‘llanib, yechim $w = W e^{-i\omega t}$ ko‘rinishida izlanadi, bunda $\omega = \omega_R + i\omega_I$ — kompleks chastota. To‘rtburchakli plastinka uchun o‘zgaruvchilar ajratilib, energiya funksionaliga Reley–Rits usuli qo‘llanadi. Natijada transendent chastota tenglamasi olinadi:

$$|C(\Omega_R) - \Omega^2 M| = 0. \quad (5)$$

Tenglama Gauss va Myuller usullari asosida C++ va MATLAB dasturlarida sonli yechildi. Natijalar Abaqus dasturida chekli elementlar usuli (S4R elementlari) bilan tekshirildi.

Sonli natijalar va tahlil

Markazga qo‘yilgan massa 1 kg dan 100 kg gacha oshirilganda birinchi xos chastota 19,897 Gs dan 2,814 Gs gacha, ya’ni taxminan 7 marta kamayadi. Hisoblash to‘rt qirrasini qattiq mahkamlangan kvadrat alyuminiy plastinka uchun bajarilgan ($E = 70$ GPa, $\mu = 0,33$, $\rho = 2700$ kg/m³).

1-jadval. Markazga qo‘yilgan massaning birinchi uchta xos chastotaga ta’siri

Massa, kg	1-chastota, Gs	2-chastota, Gs	3-chastota, Gs
1	19,897	55,399	55,399
10	8,544	55,399	55,399
50	3,961	55,399	55,399



Massa, kg	1-chastota, Gs	2-chastota, Gs	3-chastota, Gs
100	2,814	55,399	55,399

Ikkinchi va uchinchi chastotalar massaga sezgir emas, chunki bu tebranish shakllarida plastinka markazi tugun chizig'ida yotadi. Ular asosan plastinka geometriyasi va material xossalariga bog'liq.

Parametrik tahlil quyidagilarni ko'rsatdi:

- dissipativ bir jinsli tizimda dempferlash koeffitsiyentining prujinka bikrligiga bog'liqligi monoton bo'ladi, bir jinsli bo'lmagan tizimda esa nomonoton;
- bir jinsli bo'lmagan tizimda birinchi va ikkinchi chastotalarning haqiqiy qismlari eng yaqinlashgan bikrlilik qiymatida energiya dissipatsiyasi maksimal bo'ladi, rezonans amplitudasi esa eng kichik qiymatga erishadi;
- ikki yoki uch massali bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan plastinkalarda kompleks chastotalar haqiqiy qismlarining farqi 6% dan oshmaydi, mavhum qismlari esa tubdan farq qiladi;
- material qovushqoqligini hisobga olish ko'chish va kuchlanishlarni 10–15% ga kamaytiradi.

Xulosa

1. Deformatsiyalanuvchan element orqali massa osilgan qovushqoq-elastik ortotrop plastinkalar xos tebranishlari masalasining matematik qo'yilishi, yechish metodikasi va algoritmi ishlab chiqildi.
2. Markaziy massa birinchi xos chastotani keskin pasaytiradi (1 kg dan 100 kg gacha oshganda 7 marta), yuqori tartibli chastotalarga esa deyarli ta'sir qilmaydi.
3. Dissipativ bir jinsli bo'lmagan tizimda chastotalar haqiqiy qismlari yaqinlashganda energiya dissipatsiyasi intensivlashadi. Bu effektdan prujinka bikrligini tanlash orqali tebranishlarni so'ndirishda foydalanish mumkin.

Adabiyotlar

4. Teshaeв M.X., Homidov F.F., Jalolov F.B., Narzulloev M.A. Yig'ilgan massali qovushqoq-elastik plastinkaning xos tebranishlari // Buxoro davlat universiteti ilmiy axboroti. – 2024. – №9. – B. 75–81.
5. Teshaeв M.X., Jalolov F.B., Narzulloev M.A. Osilgan massali S.P. Timoshenko gipotezasiga bo'ysunuvchi to'rtburchakli ortotrop qovushqoq-elastik plastinka tebranishlarining tenglamalari // Buxoro davlat universiteti ilmiy axboroti. – 2024. – №4. – B. 30–36.
6. Kuldashov N.U., Almuratov Sh.N., Rayimov D.G., Homidov F.F., Jalolov F.B. Transverse forced vibrations of the plates, the dissipative properties of which are described by memory functions // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1706. – 012062.
7. Jalolov F.B. Osilgan massali to'g'ri to'rtburchakli qovushqoq-elastik ortotrop plastinkaning xos tebranishlari // Ilm sarchashmalari. – Urganch, 2025. – №4. – B. 7–11.



8. Jalolov F.B., Sobirov S.J., Ro‘ziyeva M.A. Free vibrations of a mechanical system formed from masses suspended on circular thin viscoelastic plates // ISJ Theoretical & Applied Science. – 2025. – №4(144). – P. 4–8.