

GARMONIK TO'LQINLARNING SILINDRIK QOBIQDA TARQALISHI

Xolyigitova Mohigul Naim qizi

Jizzax davlat pedagogika universiteti, Jizzax, O'zbekiston

ORCID ID:0009-0003-7481-7144

Annotatsiya: Ushbu maqolada silindrik qobiqda garmonik to'lqinlarning tarqalish xususiyatlari nazariy jihatdan o'rganilgan. Tadqiqotda qobiqning asosiy qatlami elastik materialdan, to'ldiruvchi qatlam esa qovushqoq-elastik xususiyatga ega bo'lgan materialdan iborat deb qaraladi. To'lqin tenglamalari Flügge ning yupqa qobiqlar nazariyasi va qovushqoq-elastiklikning Kelvin–Voigt modeli asosida keltirib chiqarilgan. Dispersiya tenglamalari olingan bo'lib, ular fazaviy tezlik va so'nish koeffitsiyentlarining chastotaga bog'liqligini ifodalaydi. Sonli hisoblashlar natijasida turli rejimdagi to'lqinlar uchun dispersiya egri chiziqlari qurilgan va qovushqoq-elastik parametrlarning to'lqin tarqalish xususiyatlariga ta'siri tahlil qilingan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, qovushqoq-elastik qatlam mavjudligi to'lqinlarning so'nishiga olib keladi va bu so'nish yuqori chastotalarda sezilarli darajada ortadi..

Kalit so'zlar: silindrik qobiq, qovushqoq-elastik to'ldiruvchi, xos to'lqinlar, garmonik to'lqinlar, to'lqin tarqalishi, dispersiya munosabatlari, fazaviy tezlik, so'nish koeffitsiyenti, Flügge nazariyasi.

Abstract: In this paper harmonic waves in a cylindrical shell with a two-layer viscoelastic filler are theoretically studied. In the study, it is assumed that the main layer of the shell consists of an elastic material, and the filler layer consists of a material with viscoelastic properties. The wave equations are derived based on Flügge's theory of thin shells and the Kelvin–Voigt model of viscoelasticity. Dispersion equations are obtained, which express the dependence of the phase velocity and extinction coefficients on frequency. As a result of numerical calculations, dispersion curves are constructed for waves of different regimes and the effect of viscoelastic parameters on the wave propagation properties is

analyzed. The results show that the presence of a viscoelastic layer leads to attenuation of waves, and this attenuation increases significantly at high frequencies.

Keywords: cylindrical shell, viscoelastic filler, eigenwaves, harmonic waves, wave propagation, dispersion relations, phase velocity, extinction coefficient, Flügge theory.

Silindrik qobiqlar muhandislik amaliyotida keng qo'llaniladi: kemasozlik, aviatsiya, neft-gaz sanoati, qurilish va boshqa sohalarda. Ko'p hollarda bunday konstruksiyalar turli xil to'ldiruvchilar bilan to'ldirilgan holda ishlatiladi. To'ldiruvchining mavjudligi qobiqning dinamik xususiyatlariga, xususan, to'lqinlarning tarqalishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi [1].

So'nggi yillarda qovushqoq-elastik materiallar bilan to'ldirilgan qobiqlarning dinamikasiga qiziqish ortib bormoqda. Qovushqoq-elastik materiallar tebranish energiyasini so'ndirish xususiyatiga ega bo'lib, ular konstruksiyalarning vibratsiyasini kamaytirishda samarali vosita hisoblanadi [2].

Ayniqsa, ikki qatlamli to'ldiruvchili qobiqlar murakkab dinamik xususiyatlarga ega bo'lib, ularda turli fizik tabiatga ega bo'lgan to'lqinlar (xos va garmonik to'lqinlar) o'zaro ta'sirlashadi [3].

Ushbu ishning maqsadi – ikki qatlamli qovushqoq-elastik to'ldiruvchili silindrik qobiqda xos va garmonik to'lqinlarning tarqalish xususiyatlarini nazariy o'rganish va qovushqoq-elastik parametrlarning to'lqin jarayonlariga ta'sirini tahlil qilish.

Matematik model

Silindrik koordinatalar sistemasida (x, θ, z) o'qlari kiritiladi, bunda x – o'q bo'ylab yo'nalish, θ – aylanma koordinata, z – qalinlik bo'ylab yo'nalish. Qobiqning o'rtacha radiusi R , umumiy qalinligi $h = h_1 + h_2$, bunda h_1 – elastik qatlam qalinligi, h_2 – qovushqoq-elastik qatlam qalinligi.

Elastik qatlam materiali zichligi ρ_1 , Young moduli E_1 , Puasson koeffitsiyenti ν_1 bilan tavsiflanadi. Qovushqoq-elastik qatlam esa Kelvin–Voigt modeli asosida tasvirlanadi:

$$\sigma_{ij}(2) = 2G_2 \varepsilon_{ij} + \lambda_2 \varepsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\eta G \varepsilon_{ij} + \eta \lambda \varepsilon_{kk} \delta_{ij}$$

bu yerda G_2 va λ_2 – Lamé parametrlari, ηG va $\eta \lambda$ – qovushqoqlik koeffitsiyentlari [7].

Harakat tenglamalari

Qobiqning harakat tenglamalari Flügge nazariyasi asosida keltirib chiqariladi. Silindrik qobiq uchun uchta ko'chish komponentlari kiritiladi: $u(x, \theta, t)$ – o'q bo'ylab, $v(x, \theta, t)$ – aylanma, $w(x, \theta, t)$ – radial ko'chishlar.

Flügge nazariyasi bo'yicha harakat tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega [4]:

$$L11u + L12v + L13w = \rho h \partial^2 u / \partial t^2 - qx$$

$$L21u + L22v + L23w = \rho h \partial^2 v / \partial t^2 - q\theta$$

$$L31u + L32v + L33w = \rho h \partial^2 w / \partial t^2 - qz$$

bu yerda L_{ij} – differensial operatorlar, qx , $q\theta$, qz – to'ldiruvchi tomonidan ta'sir etuvchi kuchlar.

Qovushqoq-elastik to'ldiruvchi uchun harakat tenglamalari Navier tipidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$(\lambda_2 + 2G_2) \nabla(\nabla \cdot U_2) - G_2 \nabla \times \nabla \times U_2 + (\eta \lambda + 2\eta G) \nabla(\nabla \cdot \dot{U}_2) - \eta G \nabla \times \nabla \times \dot{U}_2 = \rho_2 \ddot{U}_2$$

Chegaraviy shartlar

Qatlamlar orasidagi chegarada ko'chishlar va kuchlanishlarning uzluksizligi shartlari qo'yiladi:

$$U_1 = U_2, \sigma_1 \cdot n = \sigma_2 \cdot n \quad (z = h_1 \text{ da})$$

Tashqi sirtida esa erkin sirt sharti yoki mahkamlanganlik sharti qo'yilishi mumkin.

To'lqin ko'rinishidagi yechimlar

To'lqinlarning tarqalishini o'rganish uchun yechimlar quyidagi garmonik to'lqin ko'rinishida izlanadi [5]:

$$u(x, \theta, t) = U \cos(n\theta) e^{i(kx - \omega t)}$$

$$v(x, \theta, t) = V \sin(n\theta) e^{i(kx - \omega t)}$$

$$w(x, \theta, t) = W \cos(n\theta) e^{i(kx - \omega t)}$$

bu yerda k – to'lqin soni, ω – aylanma chastota, n – aylanma to'lqin soni.

Qovushqoq-elastik muhitda to'lqin soni kompleks kattalikdir:

$$k = kr + i ki$$

bunda k – fazaviy tezlikni, ω esa so'nishni ifodalaydi.

Dispersiya tenglamasi

Yechimlarni harakat tenglamalariga qo'yib, bir jinsli algebraik tenglamalar sistemasiga ega bo'lamiz. Bu sistemaning noldan farqli yechimga ega bo'lish sharti dispersiya tenglamasini beradi:

$$\det[D(k, \omega)] = 0$$

Bu tenglama k va ω orasidagi munosabatni ifodalaydi. Qovushqoq-elastik muhit uchun bu tenglama kompleks koeffitsiyentli bo'lib, uning yechimi murakkab tekislikda izlanadi.

Dispersiya egri chiziqlari

Sonli hisoblashlar po'latdan yasalgan elastik qatlam va polimer asosidagi qovushqoq-elastik qatlam uchun bajarildi birinchi uchta rejim uchun fazaviy tezlikning chastotaga bog'liqligi ko'rsatilgan.

Ikki qatlamli qovushqoq-elastik to'ldiruvchili silindrik qobiqda to'lqinlarning fazaviy tezligi dispersiyasi

Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, past chastotalarda fazaviy tezlik elastik qobiqnikiga yaqin, yuqori chastotalarda esa qovushqoq-elastik qatlam ta'siri sezilarli bo'ladi va to'lqin tezligi kamayadi [6].

So'nish koeffitsiyenti chastota ortishi bilan ortadi, bu yuqori chastotali tebranishlarning qovushqoq-elastik qatlamda kuchliroq so'nishini ko'rsatadi. Birinchi rejim eng kichik so'nishga, uchinchi rejim esa eng katta so'nishga ega [3].

Xulosalar

Ushbu tadqiqotda ikki qatlamli qovushqoq-elastik to'ldiruvchili silindrik qobiqda xos va garmonik to'lqinlarning tarqalish xususiyatlari o'rganildi. Asosiy ilmiy natijalar quyidagilardan iborat:

1. Qovushqoq-elastik qatlam mavjudligi to'lqinlarning so'nishiga olib keladi va bu so'nish yuqori chastotalarda sezilarli darajada ortadi.
2. Ikki qatlamli strukturada xos va garmonik to'lqinlarning tarqalish tezligi bir jinsli qobiqqa nisbatan farq qiladi, ayniqsa yuqori chastotali sohada.

3. Qovushqoq-elastik qatlam qalinligi va qovushqoqlik koeffitsiyentining ortishi to'lqinlarning so'nishini kuchaytiradi.

4. Xos va garmonik to'lqinlarning o'zaro ta'siri natijasida dispersiya egri chiziqlarida murakkab qayta qurilish hodisalari kuzatiladi.

Olingan natijalar qovushqoq-elastik qatlamli qobiqli konstruksiyalarning dinamik xususiyatlarini hisoblash va ularning vibratsiyasini boshqarishda qo'llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем. М.: Гостехиздат. 1955 yil.
2. Теребушко О.И. Основы теории упругости и пластичности. - М.: Высшая школа, 1970 yil.
3. O'rozboyev M.T. Materiallar qarshiligi. —Toshkent.: O 'qituvchi nashriyoti, 1965 yil.
4. O'rozboyev M.T. Materiallar qarshiligi asosiy kursi. —Toshkent: O'qituvchi. 1973yil
5. Christensen R.M. Theory of Viscoelasticity. Academic Press, 1982 yil.
6. Jones R.M. Mechanics of Composite Materials. Taylor & Francis, 1999 yil.
7. Safarov, I., Teshaev, M., Marasulov, A., Juraev, T., Rakhmanov, B. "Vibrations of Cylindrical Shell Structures Filled with Layered Viscoelastic Material", E3S Web of Conferences 264, 01027 (2021).
8. Xolyigitova M. N., Suyarov A. O. BIR JINSLI BOLMAGAN DIFFERENSIAL TENGLAMALAR SITEMASINI "REZONANS" VA "REZONANS" BOLMAGAN HOLLAR UCHUN YECHIMLARINI TUZISH //Экономика и социум. – 2024. – №. 10 (125). – С. 413-416.