Optimal o‘zgaruvchilarning qiymatlari, Δ baholari vektorining barcha komponentalari nolga teng bo‘lgan shartni qanoatlantiradigan $\varepsilon_1$qiymatlarida o‘zgarmas qoladi. Demak, asosiy reja optima bo‘lishi uchun quyidagi tengsizliklar bajarilishi kerak:

$$\frac{1}{3}-\frac{1}{3}\varepsilon_1 \geq 0, \frac{4}{3}+\frac{2}{3}\varepsilon_1 \geq 0.$$

Bu yerda $-2 \leq \varepsilon_1 \leq 1$.

Xulosa. Shunday qilib, tashqi ishlarga mo‘ljallangan bir tonna bo‘yoqning ulgurji narxini kamaytirish (ya’ni, maqsadli funksiyaning koeffitsiyenti $x_1$uchun) $3 + (-2) = 1$ pul birligigacha yoki uni $3 + 1 = 4$ pul birligigacha oshirishda optimal o‘zgaruvchilarning qiymatlari o‘zgarmas qoladi. Ammo z maqsad funksiyasining qiymati quyidagi tenglikka asosan, o‘zgaradi: $z = 12\frac{2}{3}+\frac{10}{3}\varepsilon_1$.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

[1]. Ашманов, С.А. Линейное программирование [текст]. М., “Наука”, гл. ред. физ.мат. лит., 1981, 340 с.

[2]. Sh.A.Saipnazarov, M.T.Ortiqova. Moliyaviy matematika. “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2017.

[3]. E.K.Ummer. Basic Mathematics for Economics, Business, and Finance. USA, 2012.

[4]. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций [текст]. Пер. с англ. 7-е изд., М., Вильямс, 2005, 912 с.

Axmedov Nasriddin Baxodirovich (Alfraganus universiteti katta o‘qituvchisi;nasriddinaxmedov@gmail.com)

ELASTIK TO‘LDIRUVCHILI SILINDRIK QOBIQLARNING XUSUSIY CHASTOTALARI

Annotatsiya. *Ishda variatsion tamoyil yordamida bo‘ylama mustahkamlangan yupqa silindrik qobiqning to‘ldiruvchi bilan dinamik o‘zaro ta’sirida o‘q bo‘ylab siqilganda va kontaktdagi ishqalanishni hisobga olgan holda tebranishlari o‘rganilgan. Qobiq va to‘ldiruvchi orasidagi kontaktdagi ishqalanishni hisobga olgan holda, xususiy tebranishlar chastotasining aylana yo‘nalishidagi to‘lqin hosil bo‘lishiga bog‘liqligi qurilgan.*

Kalit so‘zlar: *qobiq, tebranish, elastiklik moduli, deformatsiya, to‘la energiya, ishqalanish koeffitsiyenti.*

Ахмедов Насриддин Баходирович (старший преподаватель университета Алфраганус; nasriddinaxmedov@gmail.com)

СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С УПРУГИМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

Аннотация*. В работе с помощью вариационного принципа исследуются колебания тонкой продольно подкрепленной цилиндрической оболочки при динамическом взаимодействии с заполнителем, при осевом сжатии и с учетом трения в контакте. Построены зависимости частоты собственных колебаний от волнообразования в окружном направлении с учетом трения в контакте между оболочкой и заполнителем.*

Ключевые слова*: оболочка, колебание, модуль упругости, деформация, полная энергия, коэффициент трения.*

Akhmedov Nasreddin Bahodirovich (Senior Lecturer at Alfraganus University; nasriddinaxmedov@gmail.com)

NATURAL FREQUENCIES OF CYLINDRICAL SHELLS WITH ELASTIC FILLER

Annotation. *Using the variational principle, the vibrations of a thin longitudinally reinforced cylindrical shell under dynamic interaction with a filler, under axial compression, and taking into account friction in contact are investigated. The dependences of the natural oscillation frequency on wave formation in the circumferential direction are constructed, taking into account the friction in contact between the shell and the filler.*

Keywords: *shell, vibration, modulus of elasticity, deformation, total energy, coefficient of friction.*

Kirish. Mashinasozlikning turli sohalarida turli xil to‘ldiruvchilarga ega bo‘lgan silindrik qobiqlar keng qo‘llaniladi. Bu esa, o‘z navbatida, material va konstruksiyalarni ratsional konstruksiyalash va mustahkamlikka ishonchli hisoblash maqsadida ularning xususiyatlarini to‘laroq hisobga olishni taqozo etadi. Konstruksiyaning yuk ko‘tarish qobiliyatini yanada ishonchli tavsiflash uchun to‘ldiruvchi tomonidan tashqi ta’sir kuchlarini hisobga olish maqsadga muvofiqdir. Shunday ta’sirlardan biri uning elastik muhitga tegishidir. To‘ldirgich tomonidan bo‘ladigan tashqi ta’sir kuchlari, aslida, sirtqi kuchlar bo‘lib, qobiq bilan elastik to‘ldirgich orasidagi kontaktdan kelib chiqadi. Aloqa murakkab xususiyatga ega bo‘lib, turli omillarga

bog‘liq: to‘ldiruvchining mexanik ko‘rsatkichlari, qobiq sirtining xususiyatlari va hokazo. Asosiy omillardan biri qobiq bilan to‘ldiruvchi o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir natijasida yuzaga keladigan ishqalanish kuchlaridir. Bunday turdagi masalalarni yechish bir qator matematik qiyinchiliklar bilan bog‘liq bo‘lib, texnik hisob-kitoblar va modellashtirish jarayonida tez-tez uchraydigan zilzilabardoshlik, tebranish va boshqa masalalarda dinamik ta’sirlarni hisobga olish zarurati tufayli yanada murakkablashadi. Shunday qilib, ushbu maqolada ko‘rib chiqilayotgan variatsion usul singari hisob-kitoblar uchun taqribiy usullarni ishlab chiqishning dolzarbligi yaqqol ko‘rinib turibdi. Bu yana shu bilan izohlanadiki, mazkur usul qobiq va sterjen tipidagi yupqa devorli konstruksiyalar nazariyasining bir-biriga zid bo‘lmagan taqribiy tamoyillarini ishlab chiqish imkonini beradi.

Ilmiy adabiyotlarda tasvirlangan yechimlar, asosan, to‘ldiruvchisiz mustahkamlangan silindrsimon qobiqlarga taalluqli ekanligini ta’kidlash lozim [1]. To‘ldiruvchili silliq silindrik qobiqlarning tebranishlari [2;8-b.] ishlarda yetarlicha batafsil o‘rganilgan [4]. Ishda bo‘ylama qovurg‘alar bilan kuchaytirilgan va elastik muhit bilan to‘ldirilgan silindrik qobiqlarning tebranishlari tadqiq etilgan.

Masalaning qo‘yilishi. Ushbu maqola o‘q bo‘ylab siqilganda va qobiq hamda to‘ldiruvchi orasidagi ishqalanishni hisobga olgan holda, diskret taqsimlangan bo‘ylama qovurg‘alar tizimlari bilan mustahkamlangan to‘ldiruvchili silindrik qobiqlarning erkin tebranishlarini o‘rganishga bag‘ishlangan. Tizimning xususiy tebranishlar chastotasi parametrlariga tashqi muhit omillarining ta’siri tahlil qilingan.

Masala energetik usul bilan hal qilindi. O‘q bo‘ylab siquvchi kuchlar ta’sirida yuklangan qobiqning potensial energiyasi quyidagi ko‘rinishga ega [1]:

$$\Im = \frac{Eh}{2(1-\nu^2)}\int_0^{\zeta_1}\int_0^{2\pi}\left\{\left(\frac{\partial u}{\partial \xi}+\frac{\partial \nu}{\partial \theta}-w\right)^2+2(1-\nu)\frac{\partial u}{\partial \xi}\left(\frac{\partial \nu}{\partial \theta}-w\right)-\right.$$

$$\left.-\frac{1}{4}\left(\frac{\partial u}{\partial \theta}+\frac{\partial \nu}{\partial \xi}\right)^2\right]\Bigg\}d\xi d\theta+\frac{Eh}{24(1-\nu^2)R^2}\int_0^{\xi_1}\int_0^{2\pi}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2}+\frac{\partial \nu}{\partial \theta}\right)^2-$$

$$-2(1-\nu)\left[\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2}+\frac{\partial \nu}{\partial \theta}\right)-\frac{1}{4}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \theta}+\frac{\partial \nu}{\partial \xi}\right)^2\right]\Bigg\}d\xi d\theta+ \qquad (1)$$

$$+\frac{E_c}{2R}\sum_{l=1}^{k}\int_0^{\xi_1}\left[F_c\left(\frac{\partial u}{\partial \xi}-\frac{h_c}{R}\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2}\right)^2+\frac{I_{yc}}{R^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2}\right)^2+\frac{G_c}{E_c}I_{kp.c}\times\frac{G_c}{E_c}I_{kp.c}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \theta}+\frac{\partial \nu}{\partial \xi}\right)^2\right]_{\theta=\theta_1}d\xi-$$

$$-\frac{\sigma_x h}{2}\int_0^{\xi_1}\int_0^{2\pi}\left(\frac{\partial w}{\partial \xi}\right)^2 d\xi d\theta-\frac{\sigma_x F_c}{2R}\sum_{i=1}^{k}\int_0^{\xi_1}\left(\frac{\partial w}{\partial \xi}\right)^2\Bigg|_{\theta=\theta_1}d\xi$$

Bu yerda $\xi_1=\frac{L}{R}$, $\xi=\frac{x}{R}$, $\theta=\frac{y}{R}$; x, y, z – koordinatalar, E_c, G_c – bo‘ylama qovurg‘alar materialining elastiklik va siljish modullari, k esa bo‘ylama qovurg‘alar soni, σ_x – o‘q bo‘ylab siquvchi kuchlanishlar, u, ν, w – qobiqning ko‘chish vektori tarkibiy qismlari, h va R – mos ravishda, qobiqning qalinligi va radiusi, E va ν – qobiq materialining Yung moduli va Puasson koeffitsiyenti, F_c, I_{yc}, $I_{kp.c}$ – tegishli ravishda, bo‘ylama sterjenning ko‘ndalang kesimining OX va OZ o‘qlariga nisbatan yuzalari va inersiya momentlari, shuningdek, buralish paytidagi inersiya momenti.

Qobiqning kinetik energiyasi quyidagicha bo‘ladi:

$$K=\frac{Eh}{2(1-\nu^2)}\int_0^{\xi_1}\int_0^{2\pi}\left[\left(\frac{\partial u}{\partial t_1}\right)^2+\left(\frac{\partial \nu}{\partial t_1}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial t_1}\right)\right]d\xi d\theta$$

$$+\frac{\overline{\rho_c}E_c F_c}{2R(1-\nu^2)}\sum_{i=1}^{k_1}\int_0^{\xi_1}\left[\left(\frac{\partial u}{\partial t_1}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial t_1}\right)\right]_{\theta=\theta_1}d\xi \qquad (2)$$

Bu yerda $\overline{\rho_c} = \dfrac{\rho_c}{\rho_0}$ va ρ_0, ρ_c – qobiq va bo‘ylama sterjen materiallarining mos ravishda zichliklari, $\theta_i = \dfrac{2\pi}{k_1} i$

To‘ldiruvchining qobiq bilan o‘zaro ta’siri tizimni deformatsiyalangan holatdan dastlabki deformatsiyalanmagan holatga o‘tkazish jarayonida kontakt yuzasining siljishlari natijasida ish bajaradigan, qobiqqa qo‘yilgan sirt yuki sifatida tavsiflanadi.

$$A_0 = -\int_0^{\xi_1}\int_0^{2\pi}(q_x u + q_\theta v + q_z w)d\xi d\theta + \int_0^{\xi_1}\int_0^{2\pi} f q_z (u+v)d\xi d\theta \tag{3}$$

Bu yerda q_x, q_θ, q_z –to‘ldiruvchining qobiqqa ko‘rsatayotgan bosimi, f –ishqalanish koeffitsiyenti.

Tizimning to‘liq energiyasi quyidagicha:

$$\Pi = Э + K + A_0 \tag{4}$$

Muhitning vektor shaklidagi harakat tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega [2;3-b.]:

$$a_e^2 qrad\, div\vec{S} - a_t^2 rot\, rot\vec{S} + \omega^2\vec{S} = 0,\ 0 \le x \le L, 0 \le r \le R \tag{5}$$

Bu yerda: $a^2{}_t = (\lambda + 2\mu)/\rho$, $a^2{}_e = \mu/\rho$ hamda a_t, a_e – to‘ldirgichdagi bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlarning tarqalish tezliklari, tegishlicha; $S = S(S_x, S_\theta, S_z)$ – ko‘chish vektori; λ, μ – Lame koeffitsiyentlari. Muhitning harakat tenglamalari tizimiga (5) kontakt shartlari qo‘shiladi. Qobiq va to‘ldiruvchi o‘rtasidagi aloqa qattiq, deb faraz qilinadi, ya’ni $r = R$

$$u = S_x;\ v = S_\theta;\quad w = S_z \tag{6}$$

$$q_x = -\sigma_{rx}, q_y = -\sigma_{r\theta},\quad q_z = -\sigma_{rr}, w = S_r \tag{7}$$

Komponentlari $\sigma_{rx}, \sigma_{r\theta}$, σ_{rr} – kuchlanish tenzorlari quyidagicha aniqlanadi [2;3]:

$$\begin{aligned}
&\sigma_{rx} = \mu_s\left(\frac{\partial S_x}{\partial r} + \frac{\partial S_r}{\partial x}\right);\quad \sigma_{r\theta} = \mu_s\left[r\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{S_r}{r}\right) + \frac{1}{r}\frac{\partial S_r}{\partial \theta}\right],\\
&\sigma_{rr} = \lambda_s\left(\frac{\partial S_r}{\partial x} + r\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{S_r}{r}\right) + \frac{1}{r}\frac{\partial S_\theta}{\partial \theta}\right) + 2\mu_s\frac{\partial S_r}{r}
\end{aligned} \tag{8}$$

λ_s, μ_s – muhit uchun Lame koeffitsiyentlari.

Yechim usuli. Bundan keyin chetlari sharnirli mahkamlangan qobiqlar ko‘rib chiqiladi. Bunday qobiqlarning ko‘chish vektori tarkibiy qismlarini quyidagi ko‘rinishda izlaymiz:

$$\begin{aligned}
u &= A\cos kx\cos n\varphi\exp(i\omega_1 t_1),\\
\vartheta &= B\sin kx\sin n\varphi\exp(i\omega_1 t_1),\\
w &= C\sin kx\cos n\varphi\exp(i\omega_1 t_1)
\end{aligned} \tag{9}$$

bunda A, B, C – noma’lum doimiy miqdorlar; $k = \dfrac{m\pi}{L}$ $(m = 1,2,....)$, m, n – bo‘ylama va aylanma yo‘nalishlardagi to‘lqin sonlari, tegishlicha, qobiq uzunligi,

$$\omega_1 = \frac{\omega}{\omega_0},\quad t_1 = \omega_0 t,\ \omega_0 = \sqrt{\frac{E}{(1-\nu^2)\rho_0 R^2}},\quad \omega_1 = \sqrt{\frac{(1-\nu^2)\rho_0 R^2\omega^2}{E}}$$

Mustahkamlangan qobiq va mustahkamlanmagan qobiqning og‘irliklari teng bo‘lganda, ularning xususiy chastotalari va bilan belgilanadi.

(5) tizimning yechimlari quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi [3]:

a) to‘ldiruvchining tizim tebranish jarayoniga inersial ta’siri kichik bo‘lgan holda:

$$S_x = \left[\left(-kr\frac{\partial I_n(kr)}{\partial r} - 4(1-\nu_s)kI_n(kr)\right)A_s + kI_n(kr)B_s\right]\cos n\varphi\ \cos kx\ \exp(i\omega_1 t_1)$$

$$S_\varphi = \left[-\frac{n}{r}I_n(kr)B_s - \frac{\partial I_n(kr)}{\partial r}\gamma_1 r)C_s\right]\sin\varphi\cos kx\exp(i\omega_1 t_1)$$

$$S_r = \left[-k^3 rI_n(kr)A_s + \frac{\partial I_n(kr)}{\partial r}B_s + \frac{n}{r}I_n(kr)C_s\right]\cos n\varphi\ \sin kx\ \exp(i\omega_1 t_1) \quad (10)$$

b) tizimning tebranish jarayoniga to‘ldiruvchining inersiya ta’siri sezilarli darajada muhim:

$$S_x = \left[A_s kI_n(\gamma_e r) - \frac{C_s\gamma_t^2}{\partial r}I_n(\gamma_1 r)\right]\cos n\varphi\cos kx\ \exp(i\omega_1 t_1)$$

$$S_\varphi = \left[-\frac{A_s n}{r}I_n(\gamma_e r) - \frac{C_s nk}{r\mu}I_n(\gamma_1 r) - \frac{B_s}{n}\frac{\partial I_n(\gamma_1 r)}{\partial r}\right]\sin n\varphi\ \sin kx\ \exp(i\omega_1 t_1)$$

$$S_r = \left[A_s\frac{\partial I_n(\gamma_e r)}{\partial r} - \frac{C_s k}{\mu_1}\frac{\partial I_n(\gamma_1 r)}{\partial r} + \frac{B_s}{r}I_n(\gamma_1 r)\right]\cos n\varphi\ \sin kx\ \exp(i\omega_1 t_1) \quad (11)$$

Bu yerda: In-birinchi turdagi n-tartibli o‘zgartirilgan Bessel funksiyasi, A_s, B_s, C_s - doimiylar.

(6) kontakt shartlaridan, (9) qobiqlarning siljishidan, (10) va (11) muhit harakati tenglamasining yechimidan foydalanib, doimiy miqdorlarni ifodalab beramiz. A_s, B_s, C_s dan keyin. A, B, C natijada quyidagilarni q_x, q_θ, q_r topamiz:

$$q_x = \left(\widetilde{C}_{x1}A + \widetilde{C}_{x2}B + \widetilde{C}_{x3}C\right)\cos n\varphi\ \cos kx\ \exp(i\omega_1 t_1)$$
$$q_\theta = \left(\widetilde{C}_{\theta 1}A + \widetilde{C}_{\theta 2}B + \widetilde{C}_{\theta 3}C\right)\sin n\varphi\ \sin kx\ \exp(i\omega_1 t_1) \quad (12)$$
$$q_r = \left(\widetilde{C}_{x1}A + \widetilde{C}_{x2}B + \widetilde{C}_{x3}C\right)\cos n\varphi\ \sin kx\ \exp(i\omega_1 t_1)$$

(12)ni (3)ga qo‘yib, θ hamda φ bo‘yicha integrallaganimizdan so‘ng, qobiqqa ta’sir etuvchi to‘ldiruvchi tomonidan taqsimlangan yuklamalarning ishi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$A = -R^2\pi\left[S_2\widetilde{C}_{x1}A^2 + (S_2\widetilde{C}_{x2} + S_1\widetilde{C}_{\theta 1})AB + (S_2\widetilde{C}_{x3} + S_1\widetilde{C}_{r1})AC + \right.$$
$$\left. + S_1(\widetilde{C}_{\theta 3} + \widetilde{C}_{r2})BC + S_1\widetilde{C}_{\theta 2}B^2 + S_1\widetilde{C}_{r3}C^2\right. \quad (13)$$

Bu yerda $\tilde{C}_{ra}$ doimiy $S_1 = \frac{1}{2} - \frac{\sin 2k\xi_1}{4k}$

Sistemaning to‘liq energiyasi uchun (1), (2), (13) dan foydalanib, A,B,C o‘zgarmaslarning parametrlariga nisbatan ikkinchi tartibli ko‘phadni olamiz:

$$\prod = (\breve{\varphi}_{11} - S_2\breve{C}_{x1} - \psi_{11}\omega_1^2)A^2 + (\breve{\varphi}_{22} - S_1\breve{C}_{\theta 2} - \psi_{22}\omega_1^2)B^2 +$$
$$+ (\breve{\varphi}_{23} - S_1\breve{C}_{r3} - \psi_{33}\omega_1^2 + I_1\sigma_x)C^2 + (\breve{\varphi}_{44} - S_2\breve{C}_{x2} + S_1\breve{C}_{\theta 1})AB +$$
$$+ (\breve{\varphi}_{55} - S_2\breve{C}_{x3} + S_1\breve{C}_{r1})AC + S_1(\breve{\varphi}_{66} + \breve{C}_{\theta 3} + \breve{C}_{r2})BC$$

Shuni ta’kidlab o‘tish joizki, qiymatlar $\breve{\phi}_{ii}(i = 1,2,.....,6)$, $\psi_{ii}(i = 1,2,.....,6)$, $I_i(i = 1,2)$ juda katta ko‘rinishga ega, shu sababli ularni bu yerda keltirib o‘tirmaymiz.

Hisob-kitob natijalarini tahlil qilish. Qovurg‘alar soni va to‘ldiruvchilar bikrligining o‘q bo‘ylab siqilishning kritik kuchlanishiga ta’sirini o‘rganish natijalarini taqdim etamiz. Hisob-kitoblar quyidagi parameterlarga ega bo‘lgan qobiq, muhit va qovurg‘alar uchun amalga oshirildi:

Hisoblash natijalari 1-rasmda keltirilgan. Bu yerda bog‘liqlik keltirilgan $\omega = \omega_1\omega_0$ O‘q bo‘ylab siqilish kuchlanishidan. 1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, kuchlanish ortishi bilan tizim chastotasi pasayadi. Bundan tashqari, ishqalanishni hisobga olish tekshirilayotgan konstruksiyaning xususiy chastotasi qiymatining pasayishiga olib keladi.

Ta'kidlanganidek, mustahkamlagichning optimal parametrlarini aniqlash usuli qovurg'ali va silliq silindrik qobiqning minimal tebranish chastotalarini taqqoslashga asoslangan. Bu qobiqlar bo'ylama qovurg'a tizimlari bilan kuchaytirilgan va muhit bilan to'ldirilgan.

O'zgaruvchan parametrlar sifatida quyidagilar qaraladi: qobiqning nisbiy qalinligi $h^* = h/R$ Bo'ylama va ko'ndalang qovurg'alar orasidagi masofalarning qobiq qalinligiga nisbati hamda barcha qovurg'alar og'irligining qobiq og'irligiga nisbati ϕ_1' bo'ylama qovurg'alar og'irligining ko'ndalang qovurg'alar og'irligiga nisbati ϕ_2' Bunda qobiqning radiusi va uzunligi, shuningdek, bo'ylama va ko'ndalang qovurg'alar kesimi shaklining xususiyatlari oldindan berilgan deb hisoblanadi. Ta'kidlash joizki, to'g'ri to'rtburchakli kesimlar uchun nisbatlarni ko'rsatish zarur. ψ_1 va ψ_2. Bo'ylama va halqasimon qovurg'alarning balandliklarini ularning qalinliklariga nisbati. (1) va (2) ga kiruvchi qovurg'alarning o'lchamsiz xususiyatlari quyidagi parametrlar orqali ifodalanadi:

$$\overline{\gamma^{(1)}}_c = \frac{\varphi_1'\varphi_2'}{1+\varphi_2'}, \qquad \overline{\gamma}_s^{(2)} = \frac{\varphi_1'}{1+\varphi_2'}, \qquad \frac{h_c}{R} = -\frac{h^*}{2}\left(1+\sqrt{a_1\varphi_1\overline{\gamma}_c^{(1)}}\right),$$

$$\mu_{s2} = \frac{1-\nu}{6}\frac{a_2}{\psi_2}(h^*)^2\left(\overline{\gamma}_s^{(2)}\right)^2; \quad \frac{h_c}{R} = -\frac{h^*}{2}\left(1+\left(1+\frac{1}{k_1}\right)\sqrt{a_1\varphi_1\overline{\gamma}_c^{(1)}}\right),$$

$$\eta_{s1}^{(2)} = \overline{\gamma}_{s1}^{(2)}\overline{\gamma}_s^{(2)}\frac{a_2\psi_2(h^*)^2}{12}, \qquad \eta_{s1}^{(2)} = \overline{\gamma}_{s1}^{(2)}\overline{\gamma}_s^{(2)}\frac{a_2\psi_2(h^*)^2}{12},$$

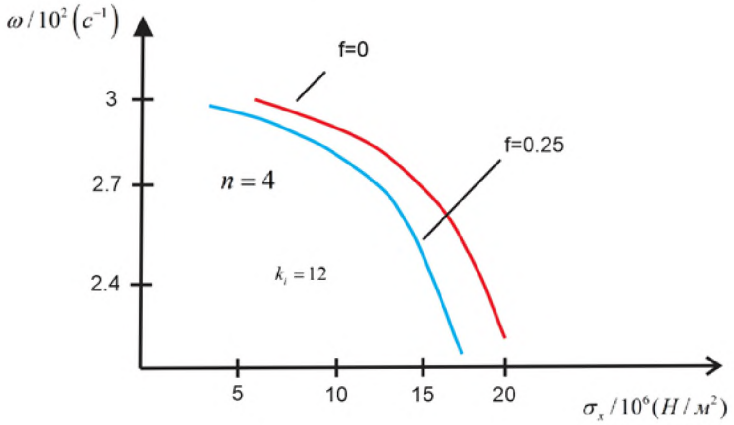
$$\eta_c^{(1)} = \overline{\gamma}_c^{(1)}\left[\frac{a_1}{12}\psi_1\overline{\gamma}_c^{(1)}(h^*)^2+\left(\frac{h_c}{R}\right)^2\right], \qquad \mu_{s1} = \frac{1-\nu}{6}(h^*)^2\left(\overline{\gamma}_c^{(1)}\right)^2\frac{a_1}{\psi_1}$$

Bunday joylashtirishda tadqiqot natijasi qobiq materialining xususiyatlariga deyarli bog'liq emas, chunki ($\omega_{\min}^2$) Ma'lumki, ν Puasson koeffitsiyentiga kam darajada bog'liq bo'ladi, ularning munosabati μ Elastiklik moduliga bog'liq emas. Shuni ta'kidlash joizki, qobiqning yuk ko'tarish qobiliyatini oshirish uchun parametrlarning shunday muvofiqligini topish lozim. h^*, a_1, a_2, ϕ_1' va ϕ_2' bunda μ eng katta qiymatga ega bo'ladi.

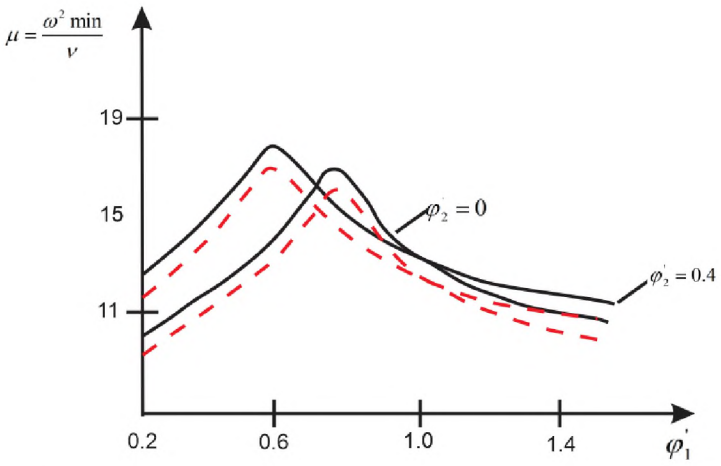
Qirralarning nisbiy og'irliklariga bog'liq o'zgarishlarni ko'rsatuvchi misol sifatida, muhit bilan to'ldirilgan silindrsimon qobiqlarning bo'ylama mustahkamlangan qovurg'alar tizimlari bilan kuchaytirilgan holati uchun hisoblash natijalari keltirilgan.

Hisoblash natijalari 2-rasmda egri chiziqlar tarzida ko'rsatilgan. $\mu(\phi_1')$ turli qiymatlar uchun ϕ_2' Uzluksiz egri chiziqlar qovurg'ali qobiqning muhit bilan tebranishlariga muvofiq keladi.

Hisoblash natijalarini tahlil qilganda, qobiqning eng yaxshi yuk ko'tarish qobiliyatiga faqat ko'ndalang qovurg'alar bilan mustahkamlash orqali erishilganligi osonlikcha ko'zga tashlanadi. (ϕ_2'=0), ular uchun $\mu_{\max} = 16,3$. Bu nuqtaning abssissasi 0,50 ga teng.



1-rasm. Tizim chastotasining $\omega = \omega_1\omega_0$ siquvchi kuchlanishlarga bog'liqligi



2-rasm. Qirralarning nisbiy og‘irligiga μ bog‘liq o‘zgarishlar.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

(1). Амиро И.Я., Заруцкий В.А. Теория ребристых оболочек. Методы расчета оболочек. «Наукова думка», 1980, 367 с.

(2). Ильгамов М.А., Ильгамов М.А., Иванов В.А., Гулин Б.А. Прочность, устойчивость и динамика оболочек с упругим заполнителем. М., “Наука”, 1977, 331 с.

(3). Латифов Ф.С. Колебания оболочек с упругой и жидкой средой. Баку, «Элм», 1999, 164 с.

(4). Alexey A. Semenov. Model of deformation stiffened orthotropic shells under dynamic loading. Journal of Siberian Federal University. Mathematics and Physic, 2016, 9(4), p. 485–497.

(5). Босяков С.М., Чживэй В. Анализ свободных колебаний цилиндрических оболочек из стеклопластика при граничных условиях Навье. Механика машин, механизмов и материалов. 2011, № 3, с. 24–27.

(6). F.S.Latifov, F.A.Seyfullaev, Sh.Sh.Alyev. Free vibrations reinforced by transverse ribs of an anisotropic cylindrical shell made of fiberglass with a liquid flowing in it. Applied mechanics and technical physics. 2016, Vol. 57, № 4, pp. 158–162.

(7). A.I.Seyfullayev, K.A.Novruzova, Oscillations of longitudinally reinforced orthotropic cylindrical shell filled with a viscous fluid, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, (2015), № 3/7 (75), p. 29–33.

(8). Мамедов Дж.Н. Свободные колебания цилиндрических оболочек с заполнителем, усиленными продольными ребрами при осевом сжатии с учетом дискретных размещений ребер. “Механика машиностроение”, 2007, № 4, с. 7–11.

Teshaev Muhsin Xudoyberdiyevich (Buxoro davlat Texnika universiteti professori; muhsin_5@mail.ru),
Ergasheva Nilufar Mansurovna (Buxoro davlat Texnika universiteti katta o‘qituvchisi; nilu_1221@mail.ru)

TOVUSH TEZLIGIDAN KATTA BO‘LMAGAN TEZLIKDA HARAKATLANUVCHI NUQTAVIY MANBADAN HOSIL BO‘LADIGAN TO‘LQIN XUSUSIYATLARI

Annotatsiya. *Ushbu ishda dissipativ bir jinsli bo‘lmagan qovushqoq-elastik gradiyent-elastik yarim fazo va Kossera muhitidan iborat uzun to‘lqin o‘tkazgichlarda kompleks faza tezligining bir nechta modasining to‘lqin soniga nisbatan o‘zgarishiga hamda olingan natijalar asosida to‘lqinning so‘nishiga solishtirma baho berildi. Ideal elastik muhitdan farqli qovushqoq-elastik gradiyent-elastik yarim fazo va Kossera muhitida paydo bo‘ladigan yangi ko‘ndalang to‘lqinning faza tezligi va so‘nishi tadqiq qilingan.*

Kalit so‘zlar: *Kossera muhiti, kompleks faza tezligi, qovushqoq-elastik gradiyent-elastik yarim fazo, Xevisayd funksiyasi, normal kuchlanish, normal ko‘chish.*

Тешаев Мухсин Худойбердиевич (профессор Бухарского государственного технического университета; muhsin_5@mail.ru),
Эргашева Нилуфар Мансуровна (старший преподаватель Бухарского государственного технического университета; nilu_1221@mail.ru)

СВОЙСТВА ВОЛН, СОЗДАВАЕМЫХ ТОЧЕЧНЫМ ИСТОЧНИКОМ, ДВИЖУЩИМСЯ СО СКОРОСТЬЮ, НЕ ПРЕВЫШАЮЩЕЙ СКОРОСТЬ ЗВУКА

Аннотация. *В работе дана сравнительная оценка изменения нескольких мод комплексной фазовой скорости от волнового числа в длинных волноводах, состоящих из диссипативно- неоднородного вязкоупругого градиентно-упругого полупространства и среды Коссера, и затухания волн на*