

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
 nadermt@gmail.com

KOORDİNAT OXLARI İSTİQAMƏTİNDƏ MATERIALI "KƏSKİN" QEYRİ-BİRCİNSLİK XASSƏSİ DAŞIYAN, MİLLƏRLƏ VƏ HALQALARLA MÖHKƏMLƏNDİRİLMİŞ SİLİNDİRİK ÖRTÜYÜN QRUNTLA BİRGƏ RƏQSLƏRİ

Tədqiq edilən məqalədə səthində müntəzəm paylanmış qabırğalarla (mil və halqalarla) möhkəmləndirilmiş, qrunla təmasda olan koordinat oxları istiqamətində materialı "kəskin" qeyri-bircinslik xassəsi daşıyan ortotrop silindrik qabıqdan ibarətdir. Odur ki, belə sistemin rəqslərini öyrənmək üçün qabırğalarla möhkəmləndirilmiş koordinat oxları istiqamətində materialı "kəskin" qeyri-bircinslik xassəsi daşıyan silindirik qabığın tam enerjisinin ifadəsindən, qrun tərəfindən silindrik örtüyə təsir edən qüvvələrin örtüyün yerdəyişmələrində gördüyü işin ifadəsindən və onlara əlavə edilmiş kontakt şərtlərindən istifadə edəcəyik.

Tutaq ki, qrunla təmasda olan "kəskin" qeyri-bircinslik xassəsi silindirik örtük millərlə və halqalarla möhkəmləndirilmişdir. Ona qeyd olunan konstruksiyanın tam enerjisini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$J_{ch} = J_c + J_{h0} + A_0 \quad (1)$$

(1)-ya daxil olan J_c -nin ifadəsi varyasiyalamaq üçün enerji funksiyasına Hamilton-Ostrogradski varyasiya prinsipini tətbiq etsək, $u_0, u_1, u_2, u_3, v_0, v_1, v_2, v_3, w_0, w_1, w_2, w_3$ bitlərinə nəzərən oniki məchuldan ibarət aşağıdakı bircins tənliklər sistemini alırıq:

$$\begin{aligned} 1) \frac{\partial J_{ch}}{\partial u_0} = 0; 2) \frac{\partial J_{ch}}{\partial u_1} = 0; 3) \frac{\partial J_{ch}}{\partial u_2} = 0; \\ 4) \frac{\partial J_{ch}}{\partial u_3} = 0; 5) \frac{\partial J_{ch}}{\partial v_0} = 0; 6) \frac{\partial J_{ch}}{\partial v_1} = 0; \\ 7) \frac{\partial J_{ch}}{\partial v_2} = 0; 8) \frac{\partial J_{ch}}{\partial v_3} = 0; 9) \frac{\partial J_{ch}}{\partial w_0} = 0; \\ 10) \frac{\partial J_{ch}}{\partial w_1} = 0; 11) \frac{\partial J_{ch}}{\partial w_2} = 0; 12) \frac{\partial J_{ch}}{\partial w_3} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

(2) sisteminin əsas determinantının sıfıra çevrilməsi, onun trivial olmayan həllinin varlığı üçün zəruri və kafi şərtidir:

$$\det \|\delta_{ij}\| = 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, 12) \quad (3)$$

Burada

$$\delta_{11} = 2k^2 a_3 + 2n^2 a_{26} + 2\rho_0 c_1 \omega^2 + \frac{\pi h n^2}{r^3} \left(n^2 \beta_3 + \frac{4}{r} \beta_1 \right) + \pi r^2 \omega^2 \beta_{30} - \frac{k l}{2} \sum_{i=1}^k Q_i$$

$$\delta_{12} = 2k^2 a_6 + 2n^2 a_{27} + 2\rho_0 c_1 \omega^2 + \frac{\pi h n^2}{2r} \left(2\beta_4 + \frac{8\pi n^2}{r} \beta_3 \right) + \frac{4\pi h n^2}{r^4} \beta_2 + \pi r^2 \omega^2 \beta_{35} + \frac{k^2 l^2}{4} \sum_{i=1}^k Q_i$$

$$\delta_{13} = 2k^2 a_8 + a_{20} + 2n^2 a_{28} + 2R c_3 \rho_0 \omega^2 \times \frac{8\pi^2 h}{r^3} \beta_1 + 4\pi r^3 \omega^2 \beta_{30} + \frac{k^2 R l}{2} \sum_{i=1}^k Q_i \theta_i;$$

$$\delta_{14} = 2k^2 a_9 + 2n^2 a_{29} + \frac{\pi r^2 \omega^2}{16} \beta_{28} + 2c_7 \rho_0 \omega^2 + \frac{k^2 l}{4} \sum_{i=1}^k Q_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right);$$

$$\delta_{15} = \tau_{15}; \delta_{16} = \tau_{16}; \delta_{17} = \tau_{17}; \delta_{18} = \tau_{18}; \delta_{19} = \tau_{19}; \delta_{110} = \tau_{110};$$

$$\delta_{111} = \tau_{111}; \delta_{112} = \tau_{112};$$

$$\delta_{21} = 2k_0 a_6 + 2n^2 a_{27} + 2\rho_0 \omega^2 c_2 +$$

$$+ \frac{\pi h n^4}{r^3} (\beta_4 + 4\pi r \beta_3) + \frac{4\pi n^2 h}{r^6} \beta_2 +$$

$$+ \pi r^2 \omega^2 \beta_{30} + \frac{k^2 l^2}{4} \sum_{i=1}^k Q_i;$$

$$\delta_{22} = 2a_1 + 2ka_2 + 2k^2 a_4 + 2n^2 a_{30} +$$

$$+ 2\rho_0 \omega^2 c_3 + \frac{\pi h n^4}{r^3} \beta_{17} + \frac{4\pi h n^2}{r^6} \beta_{18} +$$

$$+ \pi r^2 \omega^2 \beta_{30} - \frac{2\pi n^2}{r^2} \beta_{36} + \frac{k^2 l}{2} \left(\frac{l^2}{3} - \frac{1}{2k^2} \right) \sum_{i=1}^k Q_i;$$

$$\delta_{23} = a_3 k + 2k^2 a_{10} + a_{21} + 2n^2 a_{33} +$$

$$+ \rho_0 \omega^2 R c_8 + \frac{\pi h n^2}{2r} \beta_4 + \frac{8\pi^2 h}{r^5} \beta_2 +$$

$$+ 4\pi^2 r^3 \omega^2 \beta_{30} + \frac{R k^2 l^2}{4} \sum_{i=1}^k Q_i \theta_i;$$

$$\begin{aligned}\delta_{24} &= ka_4 + 2k^2 a_{11} + 2n^2 a_{34} + \\ &+ 2\pi r^2 \beta_{34} + \frac{k^2 l^2}{4} \sum_{i=1}^k Q_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right); \\ \delta_{26} &= \tau_{26}; \delta_{27} = \tau_{27}; \delta_{28} = \tau_{28}; \delta_{29} = \tau_{29}; \\ \delta_{210} &= \tau_{210}; \delta_{211} = \tau_{211}; \delta_{212} = \tau_{212}; \\ \delta_{31} &= 2k^2 a_8 + 2n^2 a_{28} + 2\rho_0 \omega^2 c_2 + \\ &+ 4\pi^2 r^3 \omega^2 \beta_{32} + \frac{8\pi^2 h}{r^5} \beta_1 + R \sum_{i=1}^k Q_i \theta_i; \\ \delta_{32} &= -ka_3 + 2k^2 a_{10} + a_{21} + 2n^2 a_{33} + \\ &+ 2\rho_0 \omega^2 c_3 + \frac{4\pi^2 h n^2}{r^5} \beta_3 + \frac{8\pi^2 h}{r^5} \beta_2 + \\ &+ 4\pi \omega^2 r^3 \beta_{35} + \frac{Rl}{2} \sum_{i=1}^k Q_i \theta_i; \\ \delta_{33} &= 2a_1 + 2k^2 a_{12} + 2a_{22} + 2n^2 a_{31} + \frac{\pi h n^2}{2r} \times \\ &\times \left(2 + \frac{8\pi^2 h^2}{3} \right) \beta_3 + \frac{4\pi^2 r^4 \omega^2}{3} \beta_{30} + R \sum_{i=1}^k Q_i \theta_i^2; \\ \delta_{34} &= k^2 a_{13} + a_{23} + n^2 a_{35} + \\ &+ 8\pi^2 \omega^2 r \beta_{28} + \frac{R}{2} \sum_{i=1}^k Q_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right); \\ \delta_{35} &= \tau_{35}; \delta_{36} = \tau_{36}; \delta_{37} = \tau_{37}; \\ \delta_{38} &= \tau_{38}; \delta_{39} = \tau_{39}; \delta_{310} = \tau_{310}; \\ \delta_{311} &= \tau_{311}; \delta_{312} = \tau_{312}; \\ \delta_{41} &= 2k^2 a_9 + 2n^2 a_{29} + 2\rho_0 \omega^2 c_7 + \\ &+ \frac{\pi r^2 \omega^2}{4} \beta_{28} + \frac{k^2 l^2}{4} \sum_{i=1}^k Q_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right); \\ \delta_{42} &= -ka_4 + 2k^2 a_{11} + 2n^2 a_{34} + \rho_0 \omega^2 c_{10} + \\ &+ 2\pi r^2 \omega^2 \beta_{34} + \frac{k^2 l^2}{4} \sum_{i=1}^k Q_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right); \\ \delta_{43} &= k^2 a_{13} + a_{23} + a_{33} n^2 + \rho_0 \omega^2 c_{14} + \\ &+ 8\pi^2 \omega^2 r \beta_{34} + \frac{k^2 l^2}{4} \sum_{i=1}^k Q_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right); \\ \delta_{44} &= 2k^2 a_{14} + 2n^2 a_{32} + 2\rho_0 \omega^2 c_{16} + \\ &+ \frac{\pi r^2 \omega^2}{12} \beta_{29} + \frac{k^2 l^2}{6} \sum_{i=1}^k Q_i \left(H_i + \frac{H_i h}{2} + \frac{h^2}{4} \right); \\ \delta_{45} &= \tau_{45}; \delta_{46} = \tau_{46}; \delta_{47} = \tau_{47}; \\ \delta_{48} &= \tau_{48}; \delta_{49} = \tau_{49}; \delta_{410} = \tau_{410}; \\ \delta_{411} &= \tau_{411}; \delta_{412} = \tau_{412}; \delta_{51} = \tau_{51}; \\ \delta_{52} &= \tau_{52}; \delta_{53} = \tau_{53}; \delta_{54} = \tau_{54};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_{55} &= \frac{2a_5}{R^2} n^2 + 2k^2 a_{36} + 2\rho_0 \omega^2 c_1 + \frac{\pi h n^2}{2} \beta_5 + \\ &+ \pi r^2 \omega^2 \beta_{30} + 2 \sum_{i=1}^k L_i + 2 \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{56} &= \frac{2n^2}{R^2} a_6 + 2k^2 a_{27} + a_{36} k + 2\rho_0 \omega^2 c_2 + \\ &+ \pi r h \rho_0 + \omega^2 r \beta_{32} + l \sum_{i=1}^k L_i + l \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{57} &= \frac{2n^2}{R^2} a_8 + n a_{15} + 2k^2 a_{28} + 2\rho_0 \omega^2 c_6 + \\ &+ 4\pi^2 r^3 h \beta_3 + 4\pi^2 \omega^2 r^3 \beta_{30} + 2R \sum_{i=1}^k L_i \theta_i + \\ &+ 2R \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{58} &= \frac{2n^2}{R^2} a_9 + 2k^2 a_{39} + 2\rho_0 \omega^2 c_7 + \omega^2 r \beta_{32} + \\ &+ \sum_{i=1}^k L_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) + \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{59} &= \tau_{59}; \\ \delta_{510} &= \frac{2na_6}{R^2} - \frac{\pi n h}{r} \beta_0 - n l \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{511} &= \frac{2na_8}{R^2} - 2nR \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n \theta_i - \frac{n}{R} \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n \theta_i \\ \delta_{512} &= \frac{2na_9}{R^2} - n \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \\ \delta_{61} &= \tau_{61}; \delta_{62} = \tau_{62}; \delta_{63} = \tau_{63}; \delta_{64} = \tau_{64}; \\ \delta_{65} &= \frac{2n^2}{R^2} a_6 + 2k^2 a_{27} + ka_{36} + 2\rho_0 \omega^2 c_2 + \\ &+ \frac{\pi h n^2}{r} \beta_{31} + \pi r^2 \omega^2 \beta_{35} + l \sum_{i=1}^k L_i + l \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{66} &= \frac{2n^2}{R^2} a_7 + \frac{2}{R^2} a_{19} + 2k^2 a_{30} + \\ &+ 2ka_{37} + 2\rho_0 \omega^2 c_4 + \pi r^2 \omega^2 \beta_{32} + \pi r h \beta_{31} + \\ &+ 2 \left(\frac{l^2}{3} - \frac{1}{2k^2} \right) \sum_{i=1}^k L_i + 2 \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{67} &= nRa_{16} + 2k^2 a_{33} + ka_{38} + \\ &+ \rho_0 \omega^2 Rc_9 + 8\pi^2 r^3 h \beta_{33} + \frac{4\pi^2 r^3 h}{3} \beta_{31} + \\ &+ 4\pi^2 \omega^2 r \beta_{32} + lR \sum_{i=1}^k L_i \theta_i + Rl \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{68} &= \frac{2n^2}{R^2} a_{10} + \frac{2n^2}{R^2} a_{11} + 2k^2 a_{34} + \\ &+ ka_{39} + \rho_0 \omega^2 c_{11} + 2\pi r^2 \omega^2 \beta_{34} + \\ &+ l \sum_{i=1}^k L_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) + \frac{l}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{69} &= \frac{2n}{R^2} a_6 - \frac{\pi h n}{r} \beta_{33} - n \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{610} &= \frac{2n}{R^2} a_7 - lRn \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n \theta_i - \frac{nl}{2R} \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{611} &= \frac{2n}{R^2} a_{10} - \frac{4\pi^2 h n}{r} \beta_{33} - \frac{nl}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{612} &= -\frac{nl}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{71} &= \tau_{71}; \delta_{72} = \tau_{72}; \\ \delta_{73} &= \tau_{73}; \delta_{74} = \tau_{74}; \\ \delta_{75} &= \frac{2n^2}{R^2} a_8 + nRa_{15} + 2k^2 a_{28} + 4\pi^2 r^2 h \beta_3 + \\ &+ 4\pi^2 r^3 \omega^2 \beta_{30} + 2R \sum_{i=1}^k L_i \theta_i + 2R \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{76} &= nRa_{16} + ka_{38} + 2k^2 a_{28} + \rho_0 \omega^2 Rc_9 + \\ &+ 8\pi^2 r^2 h \beta_3 + lR \sum_{i=1}^k L_i \theta_i + lR \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{77} &= 2n^2 a_{12} + 2nRa_{17} + 2Ra_{25} + 2k^2 a_{31} + \\ &+ 2\rho_0 \omega^2 (Rc_6 + c_{13}) + 4rh \beta_3 + \frac{4\pi^2 r^4 \omega^2}{3} \beta_{30} + \\ &+ 2R^2 \sum_{i=1}^k L_i \theta_i^2 + 2R^2 \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i^2 \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{78} &= \frac{2n^2}{R^2} a_{13} + nRa_{18} + k^2 a_{35} + \rho_0 \omega^2 c_{15} + \\ &+ 8\pi^2 \omega^2 r \beta_{28} + lR \sum_{i=1}^k L_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) + \\ &+ \frac{R}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{79} &= \frac{2n}{R^2} a_8 + a_{15} R - 2\pi^2 r^2 h \beta_3 - 2Rn \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{710} &= Ra_{16} + 2\pi^2 r h \beta_0 - n l R \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{711} &= 2na_{12} + 2\pi^2 r h \beta_3 - n \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{712} &= 2na_{13} + Ra_{18} - \frac{nR}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n \theta_i; \\ \delta_{81} &= \tau_{81}; \delta_{82} = \tau_{82};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{98} &= \frac{2n}{R^2} a_9 - n \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{99} &= 2c_9 \rho_0 \omega^2 + \frac{\pi h}{r} \beta_9 + \frac{\pi h^2 n^4}{12r^3} \beta_9 + \\ &+ \frac{k^2}{r^3} \beta_9 + \pi r^3 \omega^2 \beta_9 + \mu \pi h l + \\ &+ 2 \sum_{i=1}^k N_i + 2n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{910} &= \frac{2n}{R^2} a_6 + 2\rho_0 \omega^2 c_3 + \frac{\pi h}{r} \beta_6 + \\ &+ \frac{k^2}{r^3} \beta_6 + \frac{\pi k h}{2r} \beta_{11} + \pi r^3 \omega^2 \beta_{11} + \\ &+ l \sum_{i=1}^k N_i + n^2 l \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i + \frac{\mu \pi h l^2}{2} \\ \delta_{911} &= 2na_6 + 2\rho_0 \omega^2 c_3 + 4\pi h r \beta_6 + 4k^2 \beta_6 + \\ &+ 4\pi^3 r^3 \omega^2 \beta_6 + \mu h \pi^3 l R + 2R \sum_{i=1}^k N_i \theta_i + \\ &+ 2n^2 R \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i + \frac{n^2}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{912} &= 2na_6 + 2\rho_0 \omega^2 c_3 + \frac{\pi r^2 \omega^2}{4} \beta_{12} + \\ &+ R \sum_{i=1}^k N_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) + n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{101} &= \tau_{101}; \delta_{102} = \tau_{102}; \delta_{103} = \tau_{103}; \\ \delta_{104} &= \tau_{104}; \delta_{105} = \frac{2n}{R^2} a_6 - \frac{\pi h n}{r} \beta_5 - \\ &- n l \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \delta_{106} = 2na_7 - \\ &- \frac{\pi h n}{r} \beta_{20} - 2 \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{107} &= \frac{2n}{R^2} a_{10} + a_{16} R + 2\pi^2 r h \mu - \\ &- n l R \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{108} &= \frac{2n}{R^2} - \frac{n l}{R} \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{109} &= 2\rho_0 \omega^2 c_2 + \frac{\pi}{r} \beta_7 + \frac{k^2}{r^3} \beta_{10} + \\ &+ \frac{\pi k h}{2r} \beta_{11} + \pi r^3 \omega^2 \beta_{21} + \frac{\mu h \pi l^2}{2} + \\ &+ l \sum_{i=1}^k N_i + n^2 l \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1010} &= 2a_7 + 2\rho_0 \omega^2 c_4 + \frac{\pi h}{r} \beta_{23} + \frac{k^2}{r^3} \beta_{23} + \frac{\pi k h}{r} \beta_{24} + \\ &+ \frac{\pi n^2 h}{r} \beta_{11} + \pi r^3 \omega^2 \beta_{23} + \mu \pi h l \left(\frac{l^2}{3} - \frac{1}{2k^2} \right) + \\ &+ 2 \left(\frac{l^2}{3} - \frac{1}{2k^2} \right) \sum_{i=1}^k N_i - 2n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \end{aligned}$$

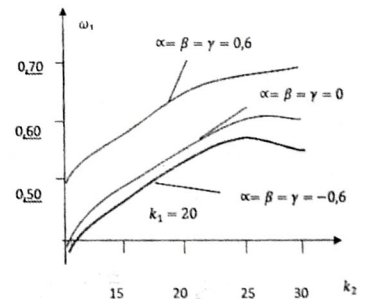
$$\begin{aligned} \delta_{1011} &= \frac{2}{R^2} a_{10} + R \rho_0 \omega^2 c_9 + 4\pi h \beta_9 + \\ &+ 4k^2 \beta_{10} + 2\pi^2 k h \beta_{11} + 4\pi^2 r^3 \omega^2 \beta_{21} + \pi^2 l^2 r \mu h l + \\ &+ R \sum_{i=1}^k N_i \theta_i + n^2 l R \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i - \frac{n l}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1012} &= \frac{2}{R^2} a_{11} + \rho_0 \omega^2 c_{11} + \omega^2 r \beta_{26} + \\ &+ l \sum_{i=1}^k N_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) + \frac{n^2 l}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{111} &= \tau_{111}; \delta_{112} = \tau_{112}; \\ \delta_{113} &= \tau_{113}; \delta_{114} = \tau_{114}; \\ \delta_{115} &= \frac{2n}{R^2} a_6 - 2nk \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i - \frac{n}{R} \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{116} &= \frac{2n}{R^2} a_{10} + 2\pi^2 r h \beta_6 - n l R \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{117} &= \frac{2n}{R^2} a_{12} + a_{17} R + 2\pi^2 r h \left(1 + \frac{\pi}{3} \right) \beta_5 + 2R^2 \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i^2 \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{118} &= \frac{2}{R^2} a_{13} - \frac{n R}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{119} &= \frac{2}{R^2} a_8 + 2\rho_0 \omega^2 c_5 + 4\pi h r \beta_7 + \\ &+ 4k^2 \beta_{11} + 4\pi^2 \omega^2 r^3 \beta_{14} + \mu h \pi^2 R l + \\ &+ 2R \sum_{i=1}^k N_i \theta_i + 2n^2 k \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i + \\ &+ \frac{n^2}{R} \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1110} &= \frac{2}{R^2} a_{10} + \rho_0 \omega^2 R c_9 + 4\pi h \beta_8 + \\ &+ 4k^2 \beta_{10} + 2\pi^2 k h \beta_{11} + 4\pi^2 r^3 \omega^2 \beta_{21} + \\ &+ \frac{\pi^2 l^2 \mu h r}{2} + \frac{\pi^2 l^2 R}{2} + l R \sum_{i=1}^k N_i \theta_i + \\ &+ n^2 l R \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1111} &= \frac{2}{R^2} a_{12} + 2\rho_0 \omega^2 c_{12} + 4\pi^2 h \left(\frac{\pi r}{3} + \frac{n^2 h}{r^2} \right) \beta_1 + \\ &+ \frac{4\pi^2 k^2}{3} \beta_6 + l r^2 \left(\frac{4\pi^2}{3} + \frac{1}{n} \right) + \frac{\mu h l^2 R^2}{2} + \\ &+ 2R^2 \sum_{i=1}^k N_i \theta_i^2 - 2n R^2 \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i^2 \sin^2 n\theta_i - \\ &- 2n R \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i + 2n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \cos^2 n\theta_i; \\ \delta_{1112} &= \frac{2n}{R^2} a_{13} + \rho_0 \omega^2 c_{15} + \frac{2\pi^3 r^4 \omega^2}{3} \beta_{14} + \\ &+ R \sum_{i=1}^k N_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) + \frac{n^2 R}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{121} &= \tau_{121}; \delta_{122} = \tau_{122}; \\ \delta_{123} &= \tau_{123}; \delta_{124} = \tau_{124}; \\ \delta_{125} &= \frac{2n}{R^2} a_9 - n \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{126} &= \frac{2n}{R^2} a_{11} - \frac{n l}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{127} &= \frac{2n}{R^2} a_{13} + a_{18} R - \frac{n}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{128} &= 2na_{14} + \frac{2}{3} n \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i^2 + \frac{H_i h}{2} + \frac{h^2}{4} \right); \\ \delta_{129} &= 2a_9 + 2\rho_0 \omega^2 c_7 + \frac{\pi r^2 \omega^2}{4} \beta_{12} + \\ &+ \sum_{i=1}^k N_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) + n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1210} &= \frac{2}{R^2} a_{11} + \rho_0 \omega^2 c_{11} + \\ &+ l \sum_{i=1}^k N_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) + \frac{n^2 l}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \times \\ &\times \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1211} &= \frac{2}{R^2} a_{13} + 8\pi^2 r \omega^2 \beta_{12} + \\ &+ R \sum_{i=1}^k N_i \theta_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) + \\ &+ \frac{n^2 R}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \theta_i \sin^2 n\theta_i - \\ &- \frac{n}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i + \frac{h}{2} \right) \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1212} &= 2a_{14} + 2\rho_0 \omega^2 c_{16} + \frac{h^3 k^2}{12r^2} \beta_9 + \\ &+ \frac{\pi r^2 \omega^2}{12} \beta_{13} + \frac{\mu \pi h^2 l}{2} + \\ &+ \frac{2}{3} \sum_{i=1}^k N_i \left(H_i^2 + \frac{H_i h}{2} + \frac{h^2}{4} \right) + \\ &+ \frac{2}{3} n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i^2 + \frac{H_i h}{2} + \frac{h^2}{4} \right) \sin^2 n\theta_i \end{aligned}$$

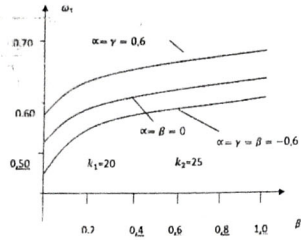
Naməlum tezlik parametri Bessel funksiyasının arqumentinə daxil olduğundan (3) tənliyi transendent tənlikdir. O, ədədi üsulla hesablanmışdır. Tənliyin köklərinin tapılması (3) tənliyinin sol tərəfinin parametrlərin qeyd olunmuş qiymətlərində tezlik parametrlərinin müxtəlif qiymətlərinə uyğun işarə dəyişməsinə əsaslanmışdır. Tənliyinin sol tərəfinin işarə dəyişməsinə görə kökün yerləşdiyi aralıq təyin olunur və sonra Nuyuton üsulu ilə kök hesablanır. Hesablamada məsələnin həllində iştirak edən parametrlər üçün aşağıdakı qiymətlər götürülmüşdür.

$$\begin{aligned} \rho_0 &= \rho_j = 1850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \bar{E}_j = E_0 = 6,67 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \\ m &= 1; n = 8; R = 160 \text{ sm}; n = 8; \\ F_j &= 5,75 \text{ mm}^2; l_{xj} = 19,9 \text{ mm}^4; \\ h_j &= 1,39 \text{ mm}; \frac{l_{y_j}}{2\pi R^3 h} = 0,23 \cdot 10^{-6}; \\ l_{k_{2j}} &= 0,48 \text{ mm}^4; \frac{l}{R} = 3, \frac{h}{R} = \frac{1}{6}. \end{aligned}$$

Hesablamaların nəticələri qrafik 1-də tezlik parametrlərinin halqaların sayı k_2 -dən, qrafik (2)-də tezlik parametrlərinin silindrik qabığın doğruları istiqamətində qeyri-bircinslik parametri β -dan asılılığı şəklində verilmişdir. Qrafik 1-dən görüldüyü kimi halqaların sayı k_2 artdıqca, tezlik parametri ω_1 -in qiyməti çoxalır və materialı qeyri-bircinslik olan möhkəmləndirilmiş silindrik qabığın rəqs tezlikləri, materialı bircinslik olan möhkəmləndirilmiş silindrik qabığın rəqs tezliklərindən çoxdur. Bu səbəb, qeyri-bircinslik parametrləri müsbət olduqda (1) qrafikindən görüldüyü kimi silindrik qabığın materialının sərtliyi artır. Silindrik qabığın materialının sərtliyin artması silindrik qabığın məxsusi rəqs tezliklərinin artmasına gətirib çıxarır. Qrafik (2)-dən görüldüyü kimi silindrik qabığın doğruları istiqamətində qeyri-bircinslik xassəsi artdıqca, möhkəmləndirilmiş silindrik qabıq-maye sisteminin sərbəst rəqs tezlikləri artır.



Grafik 1. Silindrik qabıq-maye sisteminin sərbəst rəqs tezliklərini halqaların sayı k_2 -dən asılılığı.



Qrafik 2. Silindrik qabıq-maye sisteminin sərbəst rəqs tezliklərinin doğuranı istiqamətindəki qeyri-bircinslik parametri β -dan asılılığı.

(2) həllərini və mühit tərəfindən silindrik örtüyə təsir edən qüvvənin silindrik örtüyün nöqtələrində yerləşməsində gördüyü işin (2) ifadəsini (3) funksionalında nəzərə alsaq, mil və halqalarla möhkəmləndirilmiş, materialı "kəskin" qeyri-bircinslik xassəsi daşıyan silindrik örtüyün tam enerjisi üçün alırıq:

$$J_{ch*} = J_{n0} + \frac{\pi^2 h l}{4\omega} \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) \times \\ \times \left[w_0^2 + h w_0 w_1 + \left(\frac{l^2}{3} - \frac{1}{2k^2} \right) w_1^2 + 2R w_0 w_2 + (4) \right. \\ \left. + \pi l R w_1 w_2 + \frac{R^2 l}{2} \left(\frac{4\pi^2}{3} + \frac{1}{n} \right) w_2^2 + \frac{h^3}{12} w_3^2 \right]$$

(4) funksiyasını aslı olmayan $u_0, u_1, u_2, u_3, u_0, u_1, u_2, u_3, w_0, w_1, w_2, w_3$, sabitlərinə nəzərən variasiyalasaq və asılı olmayan variasiyaların əmsallarını sifıra bərabər götürsək, oniki məchuldan ibarət aşağıdakı bircins tənliklər sistemini alırıq:

$$1) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial u_0} = 0; 2) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial u_1} = 0; 3) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial u_2} = 0; 4) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial u_3} = 0; 5) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial \theta_0} = 0; 6) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial \theta_1} = 0; 7) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial \theta_2} = 0; 8) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial \theta_3} = 0; 9) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial w_0} = 0; 10) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial w_1} = 0; 11) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial w_2} = 0; 12) \frac{\partial J_{ch*}}{\partial w_3} = 0;$$

(5) sistemi $A = 0$ olduqda, (3) sistemi ilə üst-

üstə düşür. $A \neq 0$ olduqda, (5) sistemi (2) sistemindən yalnız 9-12 tənlikləri ilə fərqlənir.

(5) sistemi xətti bircins tənliklər sistemi olduğundan, onun trivial olmayan həllinin varlığı üçün zəruri və kafi şərt əsas determinantın sifıra bərabər olmasıdır. Beləliklə, aşağıdakı tezlik tənliyini alırıq:

$$\det \|\delta_{ij}\| = 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, 12) \quad (6)$$

Qeyd edək ki, $A = 0$ olduqda, (6) tezlik tənliyi (3) tezlik tənliyi ilə eyniləşir. $A \neq 0$ olduqda isə, (6) tənliyinin sol tərəfindəki determinantın (3) tənliyinin sol tərəfindəki determinantın elementlərindən fərqlənənləri belə olacaqdır:

$$\delta_{00*} = 2c_1 \rho_0 \omega^2 + \frac{\pi h}{r} \beta_1 + \frac{\pi h^3 n^4}{12r^3} \beta_3 + \\ + \frac{k^2}{r^2} \beta_0 + \pi r^2 \omega^2 \beta_4 + \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) \pi h l + \\ + 2 \sum_{i=1}^k N_i + 2n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{010*} = \frac{2n}{R} a_0 + 2\rho_0 \omega^2 c_2 + \frac{\pi h}{r} \beta_3 + \\ + \frac{k^2}{r^2} \beta_{10} + \frac{\pi k h}{2r} \beta_{11} + \pi r^2 \omega^2 \beta_{21} + \sum_{i=1}^k N_i + \\ + n^2 l \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i + \frac{\pi h l^2}{2} \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right); \\ \delta_{011*} = 2na_0 + 2\rho_0 \omega^2 c_3 + 4\pi h r \beta_1 + 4k^2 \beta_0 + \\ + 4\pi r^3 \omega^2 \beta_{14} + h\pi^2 l R \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) + \\ + 2R \sum_{i=1}^k N_i \theta_i + 2n^2 R \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i + \frac{n^2}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{100*} = 2\rho_0 \omega^2 c_2 + \frac{\pi h}{r} \beta_1 + \frac{k^2}{r^2} \beta_{10} + \frac{\pi k h}{2r} \beta_{11} + \\ + \pi r^2 \omega^2 \beta_{21} + \frac{h\pi l^2}{2} \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) + \\ + l \sum_{i=1}^k N_i + n^2 l \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1010*} = 2a_1 + 2\rho_0 \omega^2 c_4 + \frac{\pi h}{r} \beta_{22} + \frac{k^2}{r^2} \beta_{23} + \\ + \frac{\pi k h}{r} \beta_{24} + \frac{\pi n^2 h}{r} \beta_{15} + \pi r^2 \omega^2 \beta_{25} +$$

$$+ \pi h l \left(\frac{l^2}{3} - \frac{1}{2k^2} \right) \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) + \\ + 2 \left(\frac{l^2}{3} - \frac{1}{2k^2} \right) \sum_{i=1}^k N_i - 2n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1011*} = \frac{2}{n^2} a_{10} + R \rho_0 \omega^2 c_9 + 4\pi r h \beta_8 + \\ + 4k^2 \beta_{10} + 2\pi^2 k h \beta_{11} + 4\pi^2 r^3 \omega^2 \beta_{21} + \\ + \pi^2 l^2 r h l + \frac{\pi k h}{r} \beta_{24} + \frac{\pi n^2 h}{r} \beta_{15} + \pi r^2 \omega^2 \beta_{25} + \\ + \pi h l \left(\frac{l^2}{3} - \frac{1}{2k^2} \right) \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) + R \sum_{i=1}^k N_i \theta_i + \\ + n^2 l R \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i - \frac{n l}{2} \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{119*} = \frac{2}{R^2} a_8 + 2\rho_0 \omega^2 c_5 + 4\pi h r \beta_7 + \\ + 4k^2 \beta_{11} + 4\pi^2 \omega^2 r^3 \beta_{14} + h\pi^2 l R \times \\ \times \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) + 2R \sum_{i=1}^k N_i \theta_i + 2n^2 k \times \\ \times \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i + \frac{n^2}{R} \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1110*} = \frac{2}{R^2} a_{10} + \rho_0 \omega^2 R c_9 + 4\pi h r \beta_8 + \\ + 4k^2 \beta_{10} + 2\pi^2 k h \beta_{11} + 4\pi^2 r^3 \omega^2 \beta_{21} + \\ + \frac{\pi^2 l^2 h r}{2} \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) + \frac{1}{2} \pi^2 l^2 R + \\ + R l \sum_{i=1}^k N_i \theta_i + n^2 l R \sum_{i=1}^k Z_i \sin^2 n\theta_i; \\ \delta_{1111*} = \frac{2}{R^2} a_{12} + 2\rho_0 \omega^2 c_{12} + \\ + 4\pi^2 h \left(\frac{\pi r}{3} + \frac{n^2 h}{r^2} \right) \beta_7 + \frac{4\pi^2 k^2}{3} \beta_9 + \\ + l r^2 \left(\frac{4\pi^2}{3} + \frac{1}{n} \right) + \frac{h l^2 R^2}{2} \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) + \\ + 2R^2 \sum_{i=1}^k N_i \theta_i^2 - 2nR^2 \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i^2 \times \\ \times \sin^2 n\theta_i - 2nR \sum_{i=1}^k Z_i \theta_i \sin^2 n\theta_i + \\ + 2n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \cos^2 n\theta_i; \\ \delta_{1212*} = 2a_{14} + 2\rho_0 \omega^2 c_{16} + \frac{h^3 k^2}{12r^2} \beta_9 + \\ + \frac{\pi r^2 \omega^2}{12} \beta_{13} + \frac{\pi h^2 l}{2} \left(\mu - \frac{A\beta}{\omega^2 + \beta^2} \right) + \\ + \frac{2}{3} \sum_{i=1}^k N_i \left(H_i^2 + \frac{H_i h}{2} + \frac{h^2}{4} \right) + \\ + \frac{2}{3} n^2 \sum_{i=1}^k Z_i \left(H_i^2 + \frac{H_i h}{2} + \frac{h^2}{4} \right) \sin^2 n\theta_i.$$

(3) tənliyindən fərqli olaraq alınan yeni tənliyinin kökləri kompleks ədədlərdir. O, ədədi

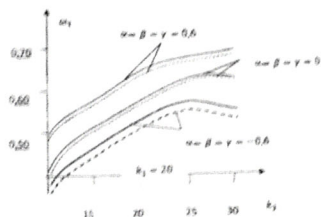
üstüla reallaşdırılmışdır. Tənliyin köklərinin tapılması (3) tənliyinin köklərinin tapılmasında olduğu kimidir. Hesablamada məsələnin həllində iştirak edən parametrlər üçün (3) qiymətləri və əlavə olaraq $A=0, 1615$ götürülmüşdür. Tapılan köklərin həqiqi hissəsinə sistemin məxsusi rəqs tezlikləri uyğun gəlir, xəyalı hissəsi isə gərginlik-deformasiya vəziyyətinin zamanla görə sönməsini xarakterizə edir.

Hesablamaların nəticələri qrafik 3-də qeyd olunan k_1 -dən tezlik parametrlərinin halqaların sayı k_2 -dən, qrafik 4-də tezlik parametrlərinin silindrik qabığın doğuranı boyu qeyri-bircinslik parametri β -dan asılılığı şəklində verilmişdir.

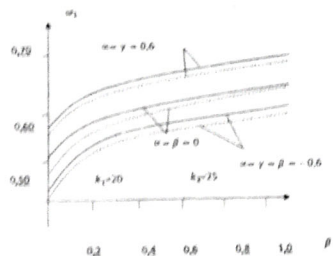
Qrafik 4-dən gördüyü kimi möhkəmləndirilməmiş istifadə olunan halqaların sayı k_2 artdıqca, materialının qeyri-bircinslik xassəsi kəskin dəyişən, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan silindrik qabığın sərbəst rəqs tezlikləri əvvəlcə artaraq, maksimum qiymət alır və yenidən azalmağa başlayır. Buna səbəb odur ki, halqaların sayı k_2 artdıqca, ilk olaraq sistemin sərtliyi artır və müəyyən saydan sonra millərin ümumi kütləsi artdığından ətalət təsiri rəqs prosesinə artır. Bundan əlavə, qeyri-bircinslik parametrlərinin müsbət qiymətində silindrik örtüyün sərtliyi artdığından, sistemin məxsusi rəqs tezlikləri bircins hala uyğun gələn məxsusi rəqs tezlikləri ilə müqayisədə artır, bircinslik parametrlərinin mənfii qiymətində silindrik örtüyün sərtliyi zəiflədiyi üçün, sistemin məxsusi rəqs tezlikləri bircins hala uyğun gələn məxsusi rəqs tezlikləri ilə müqayisədə azalır. Bu isə onu göstərir ki, silindrik örtüyün materialına müxtəlif materiallar qatmaq yolu ilə bircins materialdan olan silindrik örtüklə müqayisədə ondan möhkəm və ya zəif silindrik örtük istehsal etmək olar. Qrafik 4-də göstərir ki, silindrik örtüyün doğuranı istiqamətindəki qeyri-bircinslik parametri β artdıqca, sisteminin sərbəst rəqs tezlikləri artır.

Şəkilə qırıq xətlərlə mühit tərəfindən silindrik örtüyə təsir edən qüvvənin özlü-elastiki olan halı uyğundur. Gördüyü kimi, mühitin özlülüyünün nəzərə alınması sisteminin sərbəst rəqs tezliklərinin mühit tərəfindən silindrik örtüyə təsir edən qüvvənin elastiki

olan həli ilə müqayisədə azalır. Bu fərq özünü zəiflədilmiş qeyri-bircis silindrik örtük üçün özünü daha qabarıq göstərir.



Qrafik 3. Silindrik qabıq-maye sisteminin sərbəst rəqs tezliklərini halqaların sayı k_2 -dən asılılığı



Qrafik 4. Silindrik qabıq-maye sisteminin sərbəst rəqs tezliklərinin doğru istiqamətindəki qeyri-bircinslik parametri β -dən asılılığı

ƏDƏBİYYAT

1. İskəndərov R.A., Tabatabaei J.M., Vibrations of fluid-filled inhomogeneous cylindrical shells strengthened with lateral ribs. UTPE Journal International Journal on Technical and physical problems of engineering 14-15 Oktabr 2019, İstanbul, Türkiyə, səh.206-210.
2. İskəndərov R.A., Tabatabaei J.M., Vibrations of fluid-filled inhomogeneous cylindrical shells strengthened with lateral ribs. International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering"

(UTPE) March 2020, Issue 42, Volume 12, Number 1, Pages 121-125.

3. İskəndərov R.A., Tabatabaei J.M. Vibrations of fluid-filled inhomogeneous cylindrical shells strengthened with lateral ribs. International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering" (UTPE) June 2020, Issue 43, Volume 12, Number 2, Pages 121-125.
4. Tabatabaei J.M. Vibrations of fluid-filled inhomogeneous cylindrical shells strengthened with lateral ribs. Engineering Mechanics. T.I. № 1(1), Baku, 2020, p. 109-114.
5. Tabatabaei J.M. Vibrations of longitudinally stiffened elastic medium-contacting cylindrical shells. Tran. Natl. Acad. Sci. Azerb. Ser. Phys.-Tech. Math. Sci. Mechanics, 42 (7), 0-0 (2022). Pages 53-65.
6. Tabatabaei J.M. Investigation of the oscillatory motion of inhomogeneous longitudinally reinforced cylindrical shells with a visco-elastic medium. The 18th International Conference on "Technical and Physical Problems of Engineering" (UTPE). ICTP-2022, Number 32, Code 10MCE-02, Pages 169-175.

Джавад Махтави Табатабаи

Совместные колебания с грунтом цилиндрического покрытия, усиленного стержнями и кольцами, несущими материал со свойством "острой" неоднородности в направлении координатных осей

РЕЗЮМЕ

В исследуемой статье в контакте с грунтом образуется ортотропная цилиндрическая оболочка, материал которой в направлении координатных осей обладает свойством "острой" неоднородности. Поэтому для изучения колебаний такой системы будем использовать выражение полной энергии цилиндрической оболочки, несущей материал со свойством "острой" неоднородности в направлении

осей координат, усиленных ребрами, выражение работы сил, действующих на цилиндрическое покрытие грунтом в смещениях покрытия, и дополнительные к ним условия контакта.

Joint vibrations with the ground of a cylindrical coating reinforced with rods and rings bearing material with the property of "sharp" inhomogeneity in the direction of the coordinate axes

SUMMARY

In the article under study, an orthotropic cylindrical shell is formed in contact with the

ground, the material of which in the direction of the coordinate axes has the property of "acute" inhomogeneity. Therefore, to study the vibrations of such a system, we will use the expression of the total energy of a cylindrical shell bearing a material with the property of "sharp" inhomogeneity in the direction of the coordinate axes reinforced by ribs, the expression of the forces acting on the cylindrical coating in the displacements of the coating, and additional contact conditions.

Məqaləyə "Mexanika" kafedrasının professoru, r.e.d. R.Ə. İskəndərov rəy vermişdir.