

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

BAKİ DÖVLƏT UNIVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

CEYHUN NURƏDDİN OĞLU MƏMMƏDOV

**DİSKRET PAYLANMIŞ ÇUBUQLARLA
MÖHKƏMLƏNDİRİLMİŞ, SIXICI QÜVVƏNİN TƏSİRİNƏ
MƏRUZ QALAN, MÜHİTLƏ DOLDURULMUŞ SİLİNDRİK
ÖRTÜYÜN PARAMETRLƏRİNİN
OPTİMALLAŞDIRILMASI**

2002.01 - Deformasiya olunan bərk cismin mexanikası

**Riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim
olunmuş dissertasiyanın**

A V T O R E F E R A T I

BAKİ – 2013

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru
F. S. Lətifov

Rəsmi opponentlər: F.-r.e.d., professor **R.Y.Əmənzadə**
T.e.d., professor **M.Ö.Yusifov**

Aparıcı təşkilat: **Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası**
“Tətbiqi mexanika” kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi 30 may 2013-cü il saat 14:00-da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdindəki FD.02.016 Dissertasiya Şurasının iclasında olacaqdır.

Ünvan: Az 1148, Bakı şəhəri, Z.Xəlilov küçəsi, 23.

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat 26 aprel 2013-cü ildə çapa göndərilmişdir.

FD.02.016 Dissertasiya Şurasının
elmi katibi, r.e.d., professor

N.Q.Əhmədov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Müxtəlif səbəblər tədqiqatçıları optimal məsələləri həll etməyə vadar edir. Verilən şərtlər daxilində ən yüksək nəticəyə nail olmaq (gəlir, güc, sürət) və ən azı itki verməmək (zaman, material, enerji) arzusu tam aydın və təbiidir. Ona görə də optimallaşdırma məsələləri iqtisadiyyatda, texnikada böyük rol oynayır.

Silindrik formalı konstruksiyaların və ya konstruksiya elementlərinin sənaye, mülki tikinti sahəsində geniş yayılması onların dinamik sərtlik xarakteristikalarının tədqiqi və belə konstruksiyaların optimal variantının seçilməsi ilə bağlı məsələlər öz aktuallıqlarını indi də saxlamaqdadır. Digər tərəfdən müasir texnika konstruksiya və onların elementlərinin dəqiq, diqqətli hesabətını, iqtisadi baxımdan isə ən optimal variantının seçilməsini tələb edir. Konstruksiyanın optimal variantı dedikdə, çəkisi yüngül olub (iqtisadi baxımdan maya dəyəri aşağı olan), möhkəmliyi praktikanın tələbatına cavab verən konstruksiyanın seçilməsi nəzərdə tutulur. Dissertasiya işində optimallaşdırma parametri olaraq çubuqlarla möhkəmləndirilmiş və mühitlə kontaktda olan silindrik örtüyün minimal məxsusi tezliyin kvadratının, onlarla eyni çəkiddə olan hamar örtüyün məxsusi rəqs tezliyinin kvadratına olan nisbəti qəbul edilmişdi. Bu nisbəti maksimal qiymət alan örtük optimal hesab olunur. Göründüyü kimi, konstruksiyanın optimal variantının seçilməsi mürəkkəb gərginlik vəziyyətində materialların və konstruksiyaların özlərinin apara bilmə qabiliyyətinin tədqiq edilməsi ilə sıx bağlıdır. Bu da öz növbəsində deformasiya olunan bərk cisim mexanikasının ən mühüm inkişaf istiqamətlərindən birini təşkil edir. Çubuqlarla möhkəmləndirilmiş və mühitlə kontaktda olan silindrik örtüyün dinamik sərtlik xarakteristikalarının tədqiqi bu istiqamətin qollarından biridir.

Çubuqlarla möhkəmləndirilmiş silindrik örtük dedikdə, qarşılıqlı deformasiya olunan silindrik örtük ilə birölcülü çubuqların birləşməsi nəzərdə tutulur. Belə konstruksiyanın statik və dinamik qüvvələrin təsirindən gərginlik-deformasiya vəziyyətinin tədqiq olunmasında iki üsul tətbiq olunur. Birinci üsul qeyd olunan konstruksiyanın konstruktiv-ortotrop örtük kimi modelləşdirilməsindən ibarətdir. İkinci üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, konstruksiyanın deformasiya prosesini xarakterizə edən tənliklər sistemi çubuqların diskret yerləşməsinə nəzərə almaqla alınır. Xüsusi halda, bu sistemdən çu-

buqların sayı sonsuz artdıqda limitə keçməklə konstruktiv-ortotrop silindrik örtüyün deformasiya prosesini xarakterizə edən tənliklər sistemini almaq olar.

Çubuqlarla möhkəmləndirilmiş silindrik örtüyün dinamik sərtlik xarakteristikalarının tədqiqində görkəmli alimlərdən N.P.Abovskinin, İ.Y.Amironun, M.B.Axundovun, C.A.Ağalarovun, R.M.Berqmanın, A.N.Əlizadənin, R.Y.Əmənzadənin, M.X.İlyasovun, M.F.Mehdiyevin, F.S.Lətifovun, A.İ. Luryenin, S.R.Timoşenkonun, V.Z. Vlasovun və s. xidmətlərini qeyd etmək olar.

İşin məqsədi mühitlə təmasda olan səthində diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan silindrik örtüyün parametrlərinin optimal variantını seçməkdən və bu parametərə mühiti xarakterizə edən kəmiyyətlərin, çubuqların sayının, sıxıcı qüvvənin təsirini öyrənməkdən ibarətdir.

Dissertasiyada aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, səthində diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş silindrik örtük – bərk mühit sisteminin parametrlərinin optimal variantını tapmaq üçün məsələnin fiziki və riyazi modeli qurulmuşdur;
2. Hamilton-Ostrogradski variasiya prinsipinin köməyi ilə tədqiq olunan konstruksiyanın oxasimmetrik və qeyri-simmetrik məxsusi rəqs tezliklərini, bunun əsasında optimallaşdırma parametrlərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuşdur;
3. Tədqiq olunan konstruksiyanın məxsusi rəqs tezliklərini və optimallaşdırma parametrlərini hesablamaq üçün analitik ifadələr alınmış və bu kəmiyyətlərə sistemi xarakterizə edən fiziki, mexaniki və həndəsi parametrlərin təsiri öyrənilmişdir;
4. Optimallaşdırma parametrlərinin köməyi ilə silindrik örtüyü möhkəmləndirmək üçün çubuqların sayının və örtüyün həndəsi ölçülərinin optimal variantı tapılmış, bu kəmiyyətə sistemi xarakterizə edən fiziki, mexaniki və həndəsi parametrlərin təsiri tədqiq olunmuşdur.

Elmi yeniliyi. Dissertasiyada ilk dəfə olaraq səthində diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş və mühitlə kontaktda olan silindrik örtüyün parametrlərinin optimal variantını tapmaq üçün məsələnin fiziki və riyazi modeli qurulmuşdur. Məsələnin həlli qeyd olunan konstruksiyanın oxasimmetrik və qeyri-simmetrik sərbəst rəqslərini tədqiqinə gətirilmişdir. Dissertasiyada möhkəmləndiril-

mənin üç halına baxılmışdır: 1) silindrin doğurarı boyu yerləşdirilmiş çubuqlarla; 2) silindrin oxuna perpendikulyar müstəvidə yerləşən halqalarla; 3) ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən çubuqlarla. Hər üç halda sistemin məxsusi rəqs tezliklərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuş və kökləri tapılmışdır. Bu tezliklərə və optimallaşdırma parametrinə sistemi xarakterizə edən həndəsi, fiziki və mexaniki xarakteristikaların təsiri öyrənilmişdir.

Tədqiqat üsulu. Qoyulmuş məsələnin həllində Hamilton-Ostrogradski variasiya prinsipindən, elastikiyyət nəzəriyyəsinin yerdəyişmələrdə hərəkət tənlikləri sistemindən istifadə olunmuşdur. Hesablama prosesində Bessel funksiyasının xassələrindən istifadə edilmişdir.

Nəticələrin dəqiqliyi. Məsələnin korrekt qoyuluşuna, elastiki məsələnin dəqiq həllərindən istifadə edilməsinə, alınmış tənliklərin və tənliklər sisteminin həll sxeminin dəqiqliyinin yoxlanılmasına əsaslanır. Alınmış ifadələr özlərində məlum fiziki və riyazi qanunauyğunluqları birləşdirirlər.

Praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiyada alınmış nəticələrdən çubuqlarla möhkəmləndirilmiş neft və qaz kəmərlərinin, sənaye və mülki tikintidə istifadə olunan konstruksiyaların və konstruksiya elementlərinin dinamik sərtlik xarakteristikalarından birinin – məxsusi rəqs tezliklərinin tapılmasında, konstruksiyanın optimal variantının seçilməsində istifadə etmək olar.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas elmi nəticələri mütəmadi olaraq BDU-nun «Nəzəri və bütöv mühit mexanikası» kaferasının (2009), AMEA RMİ-nin «Elastiklik nəzəriyyəsi» şöbəsinin (2007-2009), ATU-nun «Riyaziyyat» kafedrasının seminarlarında, AMEA-nın müxbir üzvü professor A.Ə.Babayevin anadan olmasının 70-illiyinə həsr olunmuş elmi konfransında (2004), AMEA-nın müxbir üzvü, professor B.A.İsgəndərovun anadan olmasının 70 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransında (2006), AMEA-nın həqiqi üzvü, əməkdar elm xadimi, professor A.C.Hacıyevin 70 illik yubileyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə XIII Beynəlxalq konfransında (2007) müzakirə edilmiş və bəyənilmişdir.

Dissertasiyanın nəşri öz əksini 5 elmi məqalədə tapmışdır.

Dissertasiya işinin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi ümumi xarakteristikadan, girişdən, iki fəsildən, nəticədən və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 132 səhifədən ibarət olmaqla özündə 32 şəkli və 108 adda ədəbiyyatı birləşdirir.

İŞİN MƏZMUNU

İşin ümumi xarakteristikası və giriş bölmələrində işin aktuallığı əsaslandırılmış, dissertasiyanın mövzusunə yaxın işlərin qısa xülasəsi verilmişdir.

Birinci fəsildə bərk mühitlə dinamik təmasda olan, qeyrisimmetrik sərbəst rəqs edən, diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan silindrik örtüyün parametrlərinin optimal variantının seçilməsinə həsr olunmuşdur.

Optimallaşdırma parametri olaraq $\mu = \frac{\omega^2}{\omega_0^2}$ götürülür. Burada ω^2

çubuqlarla diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmlənilmiş, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan və bərk mühitlə dinamik təmasda olan silindrik örtüyün məxsusi rəqs tezlikləri, ω_0^2 isə çəkisi çubuqlarla möhkəmləndirilmiş silindrik örtüyün çəkisinə bərabər bərk mühitlə dinamik təmasda olan hamar uyğun silindrik örtüyün məxsusi rəqs tezliklərinin kvadratıdır. Göründüyü kimi tədqiq olunan konstruksiyanın optimal variantının seçilməsi onun məxsusi rəqs tezliklərinin tapılması ilə sıx bağlıdır. Çubuqların silindrin səthində yerləşməsinin üç halı nəzərdən keçirilmişdir: a) çubuqlar silindrin səthində onun doğurarı boyu yerləşdirilmişdir; b) silindrik örtük oxuna perpendikulyar müstəvidə yerləşdirilmiş halqaların köməyi ilə möhkəmləndirilmişdir; c) çubuqlar silindrin səthində ortoqonal şəbəkə əmələ gətirir. Silindrik örtüyün daxili oblastını dolduran mühitin hərəkəti yerdəyişmələrdə Lamé tənlikləri sisteminin köməyi ilə öyrənilmişdir. Kontakt şərtlərindən, Hamilton-Ostroqradski prinsipindən istifadə etməklə baxılan sistemin rəqs tezliklərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuş və sistemi xarakterizə edən fiziki-mexaniki və həndəsi parametrlərdən asılı olaraq tədqiq olunmuş, sistemin məxsusi tezlikləri üçün analitik ifadələr alınmışdır. Məxsusi tezliklərin tapılması optimallaşdırma parametrini təyin etməyə imkan verir. μ parametrinin maksimal qiymətlərinə konstruksiyanın optimal variantı uyğun gəlir. Ümumi halda μ parametri silindrik örtüyü, bərk mühitin, çubuqları xarakterizə edən kəmiyyətlərin funksiyasıdır. Bu kəmiyyətləri varyasiyalamaqla μ parametrinin maksimal qiyməti təyin olunur.

Fəsil dörd yarımfəsildən ibarətdir. Birinci yarımfəsildə bərk mühitlə dinamik təmasda olan, qeyri-simmetrik sərbəst rəqs edən, diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan silindrik örtüyün parametrlərinin optimallaşdırılması haqqında məsələnin qoyuluşu verilmişdir. Məsələnin həlində energetik üsuldən istifadə edilmişdir. Çubuqlarla möhkəmləndirilmiş oxu istiqamətində σ_x sıxıcı gərginliyinin təsiri altında olan silindrik örtüyün potensial və kinetik enerjisi aşağıdakı şəkildədir:

$$\begin{aligned}
\mathcal{O} = & \frac{Eh}{2(1-\nu^2)} \int_0^{\xi_1} \int_0^{2\pi} \left\{ \left(\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial \vartheta}{\partial \theta} - w \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\frac{\partial u}{\partial \xi} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial \theta} - w \right) - \right. \right. \\
& \left. \left. - \frac{1}{4} \left(\frac{\partial u}{\partial \theta} + \frac{\partial \vartheta}{\partial \xi} \right)^2 \right] \right\} d\xi d\theta + \frac{Eh^3}{24(1-\nu^2)R^2} \int_0^{\xi_1} \int_0^{2\pi} \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + \frac{\partial \vartheta}{\partial \theta} \right)^2 - \right. \\
& \left. - 2(1-\nu) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + \frac{\partial \vartheta}{\partial \theta} \right) - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \theta} + \frac{\partial \vartheta}{\partial \xi} \right)^2 \right] \right\} d\xi d\theta + \\
& + \frac{E_h}{2R} \sum_{j=1}^{k_1} \int_0^{2\pi} \left[F_h \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial \theta} - w - \frac{h_h}{R} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right)^2 + \frac{I_{yh}}{R^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + w \right)^2 + \frac{G_h}{R^2 E_h} I_{\kappa p, h} \times \right. \\
& \times \left. \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \theta} + \frac{\partial u}{\partial \theta} \right)^2 \right]_{\xi=\xi_j} d\theta + \frac{E_c}{2R} \sum_{i=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_{\kappa p, c} \times \right. \\
& + \frac{E_c}{2R} \sum_{i=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_{\kappa p, c} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \theta} + \frac{\partial \vartheta}{\partial \xi} \right)^2 \right]_{\theta=\theta_i} 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_{\theta=\theta_i} d\xi. \\
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 \vartheta}{\partial t_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial t_1} \right)^2 \right] d\xi d\theta + \frac{\bar{\rho}_c E_c F_c}{2R(1-\nu^2)} \cdot \\
& \cdot \sum_{i=1}^k \int_0^{\xi_1} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial t_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial t_1} \right)^2 \right]_{\theta=\theta_i} d\xi + \frac{\bar{\rho}_h E_h F_h}{2R(1-\nu^2)} \sum_{j=1}^{k_1} \int_0^{2\pi} \left[\left(\frac{\partial \vartheta}{\partial t_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial t_1} \right)^2 \right]_{\xi=\xi_j} d\theta
\end{aligned}$$

Mühitin silindrik örtüyə təsiri enerji ifadələrinə xarici q_x, q_y, q_z qüvvələrinin örtüyün yerdəyişmələrində gördüyü iş formasında daxil olur:

$$A = - \int_0^{\xi_1} \int_0^{2\pi} (q_x u + q_y \vartheta + q_z w) d\xi d\theta \quad (2)$$

Baxılan sistemin tam potensial enerjisi aşağıdakı şəkildə olar:

$$\Pi = \mathfrak{D} + T + A \quad (3)$$

(1), (2) ifadələrində u, ϑ, w - örtüyün yerdəyişmələri, E, ν - uyğun olaraq, silindrik örtüyün materialının elastikiyyət modulu və Puasson əmsalı, R, h - uyğun olaraq, silindrik örtüyün radiusu və qalınlığı, E_c, E_h - uyğun olaraq, boyuna çubuğun və halqanın elastikiyyət modulu, F_c, F_h - uyğun olaraq, boyuna çubuğun və halqanın en kəsiklərinin sahələri, $I_{yc}, I_{kp.c}$ - boyuna çubuğun en kəsiyinin ətalət momentləri, $I_{xh}, I_{kp.h}$ - halqanın en kəsiyinin ətalət momentləri, q_x, q_y, q_z - mühit tərəfindən silindrik örtüyə təsir edən təzyiq qüvvəsinin komponentləri, G_c, G_h - uyğun olaraq, boyuna çubuğun və halqanın sürüşmədə elastikiyyət modullarıdır,

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

$$\gamma_c^{(1)} = \frac{E_c}{E}(1-\nu^2)\gamma_c^{(1)}, \quad \eta_{h1}^{(2)} = \frac{E_h J_{xh}(1-\nu^2)(1+k_1)}{EL_1 R^2 h}, \quad \bar{\gamma}_h^{(2)} = \frac{F_s}{L_1 h}(1+k_1). \quad (4)$$

Harmonik rəqsin proses halında mühitin hərəkət tənliyi aşağıdakı şəkildədir:

$$a_e^2 \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{u} - a_t^2 \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{u} + \omega^2 \vec{u} = 0 \quad (5)$$

$$\text{Burada } a_t = \sqrt{\frac{\lambda_s + 2\mu_s}{\rho_s}}, \quad a_e = \sqrt{\frac{\mu_s}{\rho_s}}, \quad \vec{u}(s_x, s_\theta, s_r) - \text{mühitin}$$

yerdəyişmə vektorudur.

Örtüyün (3) və mühitin hərəkət tənlikləri (5) sisteminə kontakt şərtləri də əlavə edilir. Fərz olunur ki, silindrik örtüyün və mühitin

toxunma səthləri biri digərinə nəzərən sərbəst sürüşür, lakin deformasiya prosesində bir-birindən ayrılırlar.

Yerdəyişmələrin normal komponentlərinin bərabərlik şərti

$$S_r = w \quad (r = R) \quad (6)$$

Təzyiq qüvvələrinin bərabərlik şərtləri

$$q_x = 0, \quad q_y = 0, \quad q_z = -\sigma_{rr} \quad (r = R) \quad (7)$$

Beləliklə qoyulmuş məsələnin həlli diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan silindrik örtüyün tam enerjisi (3), onun daxili oblastını tamamilə dolduran mühitin (5) hərəkət tənlikləri sistemlərinin (6) və (7) sərhəd şərtləri daxilində birgə inteqrallamasına gətirilir. Baxılan konstruksiyanın məxsusi rəqs tezliklərinin tapılması konstruksiyanın optimal variantını seçməyə imkan verir.

Mühitin ətalət təsirinin iki variantı nəzərdən keçirilmişdir:

a) mühitin ətalət təsiri rəqs prosesinə zəifdir; b) mühitin ətalətinin rəqs prosesinə təsirini nəzərdən atmaq olmaz.

(5) sisteminin həlli aşağıdakı şəkildə götürülmüşdür:

a) halında

$$s_x = \left[\left(-kr \frac{\partial I_n(kr)}{\partial r} - 4(1 - \nu_s) k I_n(kr) \right) A_s + k I_n(kr) B_s \right] \cos n\varphi \cos kx \sin \omega t$$

$$s_\theta = \left[-\frac{n}{r} I_n(kr) B_s - \frac{\partial I_n(kr)}{\partial r} C_s \right] \sin n\varphi \sin kx \sin \omega t \quad (8)$$

$$s_r = \left[-k^2 r I_n(kr) A_s + \frac{\partial I_n(kr)}{\partial r} B_s + \frac{n}{r} I_n(kr) C_s \right] \cos n\varphi \sin kx \sin \omega t$$

b) halında

$$s_x = \left[A_s k I_n(\gamma_e r) - \frac{C_s \gamma_t^2}{\mu_t} I_n(\gamma_t r) \right] \cos n\varphi \cos kx \sin \omega t$$

$$s_\theta = \left[-\frac{A_s n}{r} I_n(\gamma_e r) - \frac{C_s n k}{r \mu_t} I_n(\gamma_t r) - \frac{B_s}{n} \frac{\partial I_n(\gamma_t r)}{\partial r} \right] \sin n\varphi \sin kx \sin \omega t$$

$$s_r = \left[A_s \frac{\partial I_n(\gamma_e r)}{\partial r} - \frac{C_s k}{\mu_t} \frac{\partial I_n(\gamma_t r)}{\partial r} + \frac{B_s n}{r} I_n(\gamma_t r) \right] \cos n\varphi \sin kx \sin \omega t \quad (9)$$

Örtüyün həllərini aşağıdakı şəkildə axtarılır:

$$u = A \cos n\varphi \cos kx \sin \omega t; \vartheta = B \sin n\varphi \sin kx \sin \omega t; w = C \cos n\varphi \sin kx \sin \omega t \quad (10)$$

Burada A, B, C naməlum sabitlərdir.

(8)-(10) həllərindən, (6), (7) kontakt şərtlərindən istifadə etməklə, (3) tam enerjisini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\begin{aligned}
 & \Pi + A_0 = (\tilde{\varphi}_{11} - \psi_{11}\omega_1^2)A^2 + (\tilde{\varphi}_{22} - \psi_{22}\omega_1^2)B^2 + (\tilde{\varphi}_{33} - \psi_{33}\omega_1^2 + l\sigma_x - q_z^{(0)}\psi_2)C^2 + \\
 & + \tilde{\varphi}_{44}AB + \tilde{\varphi}_{55}AC + \tilde{\varphi}_{66}BC \\
 & \tilde{\varphi}_{11} = T \left(\chi^2 - \frac{(1-\nu)n^2}{2} \right) \psi_1 + \frac{E_c F_c \chi^2}{2R} \psi_1 \sum_{i=1}^k \cos^2 n\theta_i + \frac{\pi G_h n^2}{2R^3} I_{kp,h} \sum_{j=1}^{k_1} \cos^2 \chi \xi_j \\
 & \quad - \frac{\psi_2 \omega_1^2}{2(1-\nu^2)} \left(\pi E h + \bar{\rho}_c E_c F_c \sum_{i=1}^k \cos^2 n\theta_i \right); \\
 & \tilde{\varphi}_{22} = T \psi_2 \left(n^2 - \frac{1-\nu}{2} \chi^2 \right) + T \psi_2 \frac{h^2}{12R^4} (n^2 + 2(1-\nu)\chi^2) \psi_2 \frac{G_c}{2R} I_{kp,c} \sum_{i=1}^k \sin^2 n\theta_i + \\
 & \quad + \frac{\pi E_h F_h}{2R} \sum_{j=1}^{k_1} \sin^2 \chi \xi_j - \frac{\pi \psi_1 \omega_1^2}{2(1-\nu^2)} \left(E h + \bar{\rho}_h E_h F_h \sum_{j=1}^{k_1} \cos^2 \chi \xi_j \right) \\
 & \tilde{\varphi}_{33} = T \left(1 + \frac{h^2 (n^4 + \chi^2 n^2 + \chi^4)}{12R^2} \right) - \frac{\sigma_x h \chi^2}{2} - \frac{\sigma_x F_c \chi^2}{2R} \sum_{i=1}^k \cos^2 n\theta_i + \\
 & \tilde{\varphi}_{44} = (3\nu - 5)T n \chi \psi_1; \quad \psi_{11} = \frac{\psi_2 \pi E h}{2(1-\nu^2)}; \quad \psi_{22} = \frac{\pi \psi_1}{2(1-\nu^2)} R E h; \\
 & \tilde{\varphi}_{55} = \frac{\pi G_h n^2 k I_{kp,h}}{R^3} \sum_{j=1}^{k_1} \cos^2 \chi \xi_j; \quad \tilde{\varphi}_{66} = \frac{\pi E_h F_h h n^2}{R^2} \sum_{j=1}^{k_1} \sin^2 \chi \xi_j; \quad (11)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_1 &= -\frac{h\chi^2}{2} - \frac{F_c \chi^2}{2R} \sum_{i=1}^k \cos^2 n\theta_i; \quad \psi_{33} = \frac{\pi E h R \psi_1}{2R(1-\nu^2)} - q_z^{(0)}. \\
 q_z^{(0)} &= -\mu_s \Delta^{-1} \left\{ \left(2(1-2\nu_s) I_n(k^*) + 2k^* I_n'(k^*) \right) k^{*2} \times \right. \\
 & \quad \times \left[2k^{*2} (k^{*2} - n^2) \frac{I_n'(k^*)}{I_n(k^*)} + 2n^2 k^* \right] - 2 \left(k^* I_n'(k^*) - (k^{*2} + n^2) I_n(k^*) \right) k^{*3} \times \\
 & \quad \times \left[2(3-2\nu_s) k^* \frac{I_n'(k^*)}{I_n(k^*)} - 2n^2 \right] + 2n \left(I_n(k^*) - k^* I_n'(k^*) \right) k^{*3} \times \\
 & \quad \times \left[2(3-2\nu_s) k^* \frac{I_n'(k^*)}{I_n(k^*)} - 2n^2 \right] \left. \right\}
 \end{aligned}$$

(11) tam enerjisini asılı olmayan A, B, C sabitlərinə nəzərən variyasiyalasaq və asılı olmayan variyasiyaların əmsallarını sıfıra bərabər

etsək, biricins cəbri tənliklər sistemini alarıq. Onun baş determinantının sıfıra bərabər olması şərtindən aşağıdakı tezlik tənliyini alarıq ($\omega_1^2 = \lambda$):

$$\begin{aligned} & \psi_{11}\psi_{22}\psi_{33}\lambda^3 - \left[(\bar{\varphi}_{11}\psi_{22} + \bar{\varphi}_{22}\psi_{11})\psi_{33} + \psi_{11}\psi_{22}(\bar{\varphi}_{33} + l_1\sigma_x - q_z^{(0)}\psi_2) \right] \lambda^2 + (12) \\ & + \left[4\bar{\varphi}_{11}\bar{\varphi}_{22}\psi_{33} + (\bar{\varphi}_{11}\psi_{22} + \bar{\varphi}_{22}\psi_{11})(\bar{\varphi}_{33} + l_1\sigma_x - q_z^{(0)}\psi_2) - \bar{\varphi}_{44}^2\psi_{33} - \bar{\varphi}_{55}^2\psi_{22} - \bar{\varphi}_{66}^2\psi_{11} \right] \lambda - \\ & + 4\bar{\varphi}_{11}\bar{\varphi}_{22}(\bar{\varphi}_{33} - q_z^{(0)}\psi_2 + l_1\sigma_x) + \bar{\varphi}_{44}\bar{\varphi}_{55}\bar{\varphi}_{66} - \bar{\varphi}_{55}^2\bar{\varphi}_{22} - \bar{\varphi}_{66}^2\bar{\varphi}_{11} - \bar{\varphi}_{44}^2(\bar{\varphi}_{33} - q_z^{(0)}\psi_2 + l_1\sigma_x) = 0 \end{aligned}$$

(12) tənliyin kiçik kökü üçün alarıq:

$$\lambda = \frac{-4\bar{\varphi}_{11}\bar{\varphi}_{22}(\bar{\varphi}_{33} + l_1\sigma_x - q_z^{(0)}\psi_2) - \bar{\varphi}_{44}\bar{\varphi}_{55}\bar{\varphi}_{66} + \bar{\varphi}_{55}^2\bar{\varphi}_{22} + \bar{\varphi}_{66}^2\bar{\varphi}_{11} + \bar{\varphi}_{44}^2(\bar{\varphi}_{33} + l_1\sigma_x - q_z^{(0)}\psi_2)}{4\bar{\varphi}_{11}\bar{\varphi}_{22}\psi_{33} + (\bar{\varphi}_{11}\psi_{22} + \bar{\varphi}_{22}\psi_{11})(\bar{\varphi}_{33} + l_1\sigma_x - q_z^{(0)}\psi_2) - \bar{\varphi}_{44}^2\psi_{33} - \bar{\varphi}_{55}^2\psi_{22} - \bar{\varphi}_{66}^2\psi_{11}}$$

(12) tənliyinin tapılmış kökləri tədqiq olunan konstruksiyanın optimal variantını, yəni, çəkisi yüngül olub, iqtisadi baxımdan maya dəyəri aşağı olan, möhkəmliyi praktikanın tələbatına cavab verən konstruksiyanı seçməyə imkan verir. (12) tənliyinin kökləri ədədi üsulla hesablanmışdır. Hesablamada mühiti, örtüyü və çubuqları xarakterizə edən parametrlər üçün aşağıdakı qiymətlər götürülmüşdür:

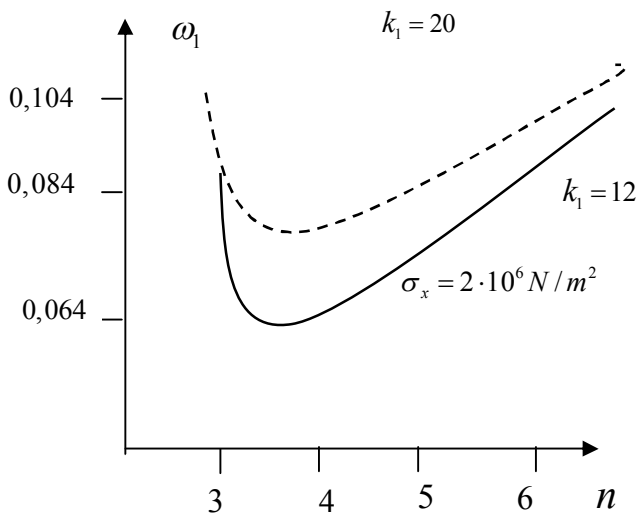
$$E = E_h = E_c = 6,67 \cdot 10^9 \text{ H} / \mathcal{M}^2; \nu = 0,3; \chi = 1; n = 8; h_h = 1,39 \text{ mm}; R = 160 \text{ mm};$$

$$L_1 = 800 \text{ mm}; \quad h = 0,45 \text{ mm}; F_h = 5,75 \text{ mm}^2; I_{xh} = 19,9 \text{ mm}^4; I_{kp,h} = 0,48 \text{ mm}^4;$$

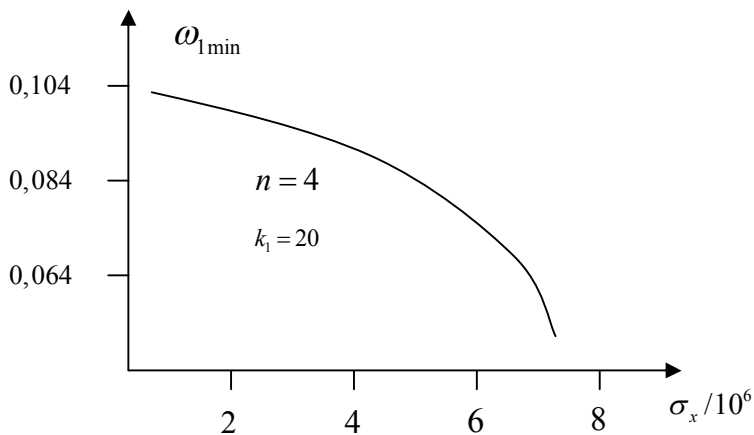
$$h_c = 1,39 \text{ mm}; \quad \frac{F_c}{2\pi R h} = 0,1591 \cdot 10^{-1}; k = 4; \rho_0 = 7,8 \text{ q} / \text{sm}^3; k = 6;$$

$$\frac{I_{yc}}{2\pi R^3 h} = 0,8289 \cdot 10^{-6}; \quad \frac{I_{kp,c}}{2\pi R^3 h} = 0,5305 \cdot 10^{-6}; \rho = 1 \text{ q} / \text{sm}^3.$$

Hesablamanın nəticələri şəkil 1- də və şəkil 2-də verilmişdir. Şəkil 1-də tezlik parametri ω_1 -in dairəvi istiqamətdəki n dalğa ədədindən, şəkil 2-də isə sıxıcı qüvvədən asılılığı verilmişdir. Şəkillərdə bütöv verilmiş xətlərə $k_1=12$, qırıq xətlərə isə $k_1=20$ uyğun gəlir



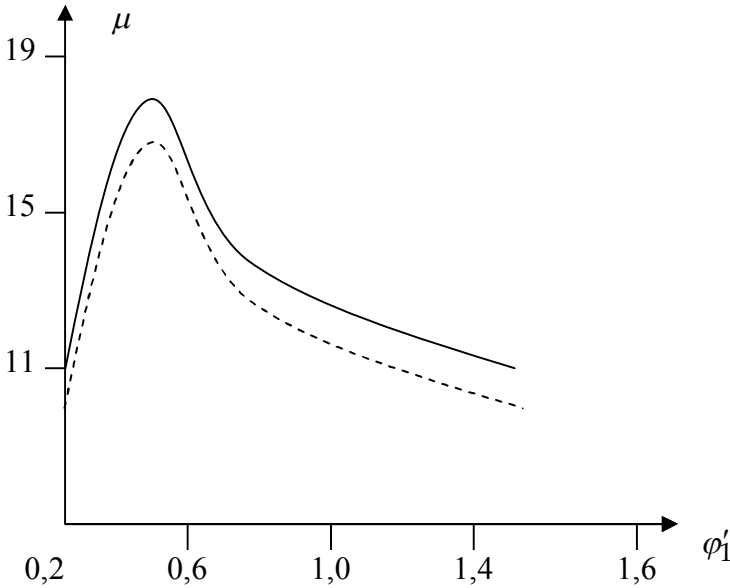
Şəkil1. Tezlik parametri ω_1 -in dalğa ədədi n -dən asılılığı.



Şəkil 2. Tezlik parametri ω_1 - in sıxıcı gərginlikdən asılılığı.

Şəkil 1 - dən göründüyü kimi n -in qiymətləri artdıqca, ω_1 əvvəlcə azalır, sonra minimum qiymət alaraq yenidən artır. Çubuqların sayı artdıqca sistemin məxsusi rəqs tezlikləri də artır. Şəkil 2-dən göründüyü kimi sıxıcı qüvvənin müəyyən qiymətinə qədər sistemin minimal tezlikləri cüzi azalır, sıxıcı qüvvənin müəyyən qiymətindən sonra isə kəskin azalaraq, qiyməti sıfıra qədər düşür. (12) tənliyinin tapılmış kökləri tədqiq olunan konstruksiyanın optimal variantını seçməyə imkan verir.

μ optimallaşdırma parametrinin müxtəlif φ'_2 -lər üçün φ'_1 -dən asılılığı şəkil 3-də verilmişdir. Bütöv xətlərə çubuqlarla möhkəmləndirilmiş silindrik örtüyün mühit olmadıqda, qırıq xətlərə isə mühitlə birlikdə rəqsləri uyğun gəlir.



Şəkil 3. Optimallaşdırma parametrinin çubuqların ümumi çəkisinin örtüyün çəkisinə nisbəti φ'_1 -dən asılılığı.

Hesablamaların nəticələri göstərir ki, optimal varianta $\mu_{\max}=18,1$ qiyməti uyğun gəlir. Bu isə onu göstərir ki, silindrik örtük oxu boyu sıxıldıqda boyuna çubuqların çəkisi halqaların çəkisindən çox olmalıdır.

b) halına uyğun tezlik tənliyini almaq üçün (12) tənliyində $q_z^{(0)}$ -ı $\tilde{q}_z^{(0)}$ ilə əvəz etmək kifayətdir.

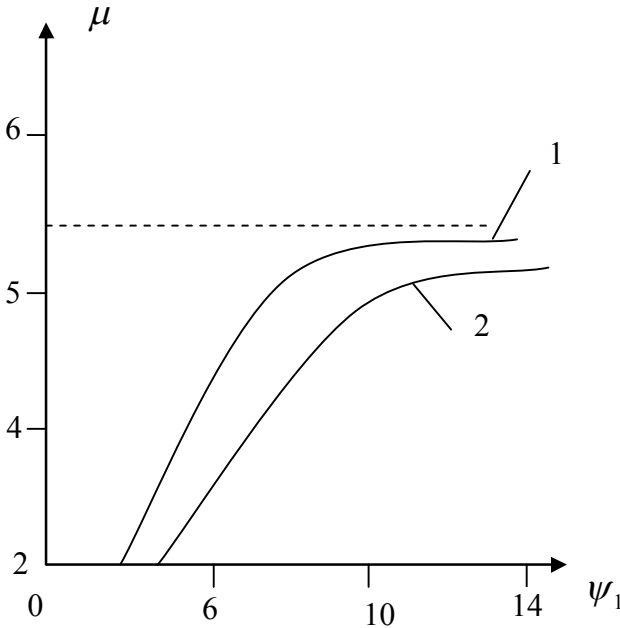
$$\begin{aligned} \tilde{q}_z^{(0)} = & \frac{E_s}{1+\nu_s} I_n(\gamma_l^*) \left[\frac{I_n(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \left(-\gamma_l^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} + \gamma_l^{*2} + n^2 - \frac{\nu_s}{1-2\nu_s} \mu_l^{*2} \right) \right. \\ & - n^2 k^{*2} \mu_t^* + \frac{R^4 k^{*3} \gamma_t^{*2}}{\mu_t^*} \frac{I_n'^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)} + \frac{2nk^* \gamma_l^* \mu_t^*}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_t^*)} + \frac{2nk^{*3} \gamma_t^*}{\mu_t^*} \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)} \\ & - \frac{k^{*3} \gamma_l^* \gamma_t^{*2}}{\mu_t^*} \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n'^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)} + \frac{k^{*3} \gamma_l^* \gamma_t^{*2}}{\mu_t^*} \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n'^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)} \\ & \cdot \left(-n^2 + n\gamma_t^* \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)} + \frac{\nu_s}{1-2\nu_s} n\gamma_t^* \left(\gamma_t^* - \gamma_t^* \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)} \right) \right) + \quad (13) \\ & \left. + \left(\frac{k^* \gamma_t^*}{\mu_t^*} \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)} + \gamma_t^{*2} + n^2 - \frac{\nu_s}{1-2\nu_s} \frac{2k^* \gamma_t^{*2}}{\mu_t^*} \right) \cdot \frac{\left[-\frac{k^{*3} \gamma_l^* \gamma_t^{*2}}{\mu_t^*} \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n'^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)} \right]}{2k^{*2} \gamma_l^* \gamma_t^* \frac{I_n(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)} - 2n^2 k^{*2}} \right] C. \end{aligned}$$

Şəkil 4- də nisbi effektivlik əmsalı μ -nün boyuna çubuqların nisbi qalınlığı ψ_1 -dən asılılığı verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, $\mu(\psi_1)$ əyrisi istənilən formada artmayıb üfüqi asimptotaya malikdir. Hesablamalarda

$\varphi_1 = \varphi_2 = 1$, $\psi_2 = 10$, $a_1 = 100$, $a_2 = 200$, $\mu_s/E = 0,1$, $\nu_s = 0,35$, $\nu = 0,3$ götürülmüşdür. Bu halda $\mu(\psi_1)$ funksiyası maksimum qiymət ala bilmir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, konkret hallarda çubuqların ölçüləri üzərinə konstruktiv təsəvvürdən irəli gələn məhdudiyyətlər

qoyulur. Hesablamalar göstərir ki, μ əmsalına φ_2' -in təsiri çoxdur və φ_2' μ -nün maksimumluq şərtindən təyin olunmalıdır.

İkinci yarımfəsildə doğuranı boyu diskret yerləşmiş çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, içərisi bərk mühitlə dolu olan, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan və sərbəst rəqs edən silindrik örtüyün parametrlərinin optimallaşdırılması haqqında məsələ həll edilmişdir. Kontakt şərtlərinin köməyi ilə sistemin tezliklərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuş, onun kökləri sistemi xarakterizə edən mexaniki, fiziki parametrlərdən asılı olaraq təhlil olunmuş, tezliklərin hesablanma düsturları alınmış və silindrik örtüyün parametrlərinin optimal variantı seçilmişdir.



Şəkil 4. μ -nün çubuqların nisbi qalınlığı ψ_1 -dən asılılığı.
1-mühitin ətalət təsiri olmadıqda; 2- mühitin ətalət təsiri nəzərə alındıqda.

Üçüncü yarımfasildə baxılan məsələ diskret paylanmış halqalarla möhkəmləndirilmiş, içərisi bərk mühitlə dolu olan, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan və sərbəst rəqs edən silindrik örtük, dördüncü yarımfasildə isə ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən diskret paylanmış çubuqlar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş, içərisi bərk mühitlə dolu olan, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan və sərbəst rəqs edən silindrik örtük üçün həll edilmişdir. Hər iki halda kontakt şərtlərinin və Hamilton-Ostrogradski prinsipinin köməyi ilə sistemin tezliklərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuş, onun kökləri sistemi xarakterizə edən mexaniki, fiziki parametrlərdən asılı olaraq təhlil olunmuş və tezliklərin hesablanma düsturları alınmışdır. Sistemin rəqs tezliklər üçün analitik ifadələr alınmış və ədədi üsulla hesablanmış, silindrik örtüyün parametrlərinin optimal variantı seçilmişdir.

İkinci fəsildə birinci fəsildə həll olunan məsələlər öz həllini oxasimmetrik hal üçün tapmışdır. Tezlik parametri üçün aşağıdakı

$$\omega_1^{(1,2)} = \left(\frac{m_2 \pm \sqrt{m_2^2 - 4m_1m_3}}{2m_1} \right)^{1/2}$$

ifadə alınmışdır: . Bu parametr əsasında konstruksiyanın optimal variantı seçilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR:

Dissertasiya işi diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş içərisi mühitlə dolu olan oxu istiqamətində sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan silindrik örtüyün optimallaşdırma parametrinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Konstruksiyanın optimal variantı dedikdə, çəkisi yüngül olub (iqtisadi baxımdan maya dəyəri aşağı olan), möhkəmliyi praktikanın tələbatına cavab verən konstruksiyanın seçilməsi nəzərdə tutulur. Dissertasiya işində optimallaşdırma parametri olaraq çubuqlarla möhkəmləndirilmiş və mühitlə kontaktda olan silindrik örtüyün minimal məxsusi tezliyin kvadratının, onlarla eyni çəkiddə olan hamar örtüyün məxsusi rəqs tezliyinin kvadratına olan nisbəti qəbul edilmişdi. Bərk mühit - sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan silindrik örtük sisteminin rəqslərinin həm qeyri-simmetrik və həm də oxasimmetrik hallarına baxılmışdır. Çubuqların silindrin səthində müntəzəm yerləşməsinin üç halı nəzərdən keçirilmişdir: çubuqlar silindrin səthində onun doğurarı boyu yerləşdiril-

mişdir; silindrik örtük oxuna perpendikulyar müstəvidə yerləşən hal-qaların köməyi ilə möhkəmləndirilmişdir; çubuqlar silindrin səthində ortoqonal şəbəkə əmələ gətirir.

Mühitin rəqs prosesinə təsiri iki formada nəzərdən keçirilmişdir:

a) mühitin ətalət təsiri rəqs prosesinə zəifdir; b) mühitin ətalət təsiri tədqiqat prosesində nəzərə alınır.

Baxılan sistemin optimallaşdırma parametri məxsusi rəqslərin qeyri-simmetrik və oxasimmetrik hallar üçün tapılmışdır. Kontakt şərtlərinin və Namilton-Ostroqradski variasiya prinsipinin köməyi ilə tezlik tənliyi qurulmuş, kökləri sistemi xarakterizə edən mexaniki və fiziki parametrlərdən asılı olaraq təyin edilmişdir. Dissertasiyada aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

- çubuqlarla üç formada möhkəmləndirilmiş, içərisi bərk mühitlə dolu olan, oxu boyu sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan variantlarda silindrik örtüyün parametrlərinin optimal variantını seçmək üçün fiziki və riyazi model qurulmuşdur;

- kontakt şərtlərinin və Hamilton-Ostroqradski variasiya prinsipinin köməyi ilə sistemin məxsusi rəqs tezliklərini və optimallaşdırma parametrini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuşdur;

- mühitin ətalət təsirinin nəzərə alınması ilə mühitin sistemin məxsusi rəqs tezliklərinə təsiri artır və mühit sıxılmayan olduğu halla müqayisədə sistemin məxsusi rəqs tezlikləri azalır. Şəbəkə əmələ gətirən çubuqlar sistemi ilə möhkəmləndirmədə isə bu təsiri nəzərə almamaq olar;

- müəyyən həddə qədər sıxıcı qüvvənin qiymətinin sistemin məxsusi rəqs tezlikləri təsirini nəzərə almamaq olar. Müəyyən həddən sonra isə sıxıcı qüvvə sistemin məxsusi rəqs tezliklərini kəskin sifra qədər azaldır;

- çubuğun qalınlığı, en kəsiyinin sahəsi müəyyən qiymətə qədər artdıqda konstruksiyanın sərtliliyi artdığından sistemin məxsusi rəqs tezlikləri əvvəlcə artır, qalınlığın və en kəsiyinin sahəsinin sonrakı artımı çubuqların ətalət xassəsini gücləndirdiyindən sistemin məxsusi rəqs tezlikləri azalır;

- çubuqların sayı artdıqca sistemin məxsusi rəqs tezlikləri əvvəlcə artır və çubuqların sayının sonrakı artımı sistemin ətalət xassəsini gücləndirdiyindən sistemin məxsusi rəqs tezlikləri azalır;

- sıxıcı qüvvə tətbiq olunduğu halda boyuna çubuqlarla möhkəmləndirilmə daha sərfəlidir.

Analoji məsələlər oxasimmetrik halda yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyada alınmış nəticələrdən çubuqlarla möhkəmləndirilmiş neft və qaz kəmərlərinin, sənaye və mülki tikintidə istifadə olunan konstruksiyaların və konstruksiya elementlərinin, quru yanacaq daşıyan raketlərin dinamik sərtlilik xarakteristikalarının tədqiqində, konstruksiyanın parametrlərinin optimal variantının seçilməsində istifadə etmək olar.

Dissertasiya mövzusu üzrə çap olunmuş elmi işlər:

1. Məmmədov C.N. Doğuranı boyu diskret paylanmış qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, daxili oblastı mühitlə doldurulmuş, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan silindrik qabığın məxsusi rəqsləri. AMEA-nın həqiqi üzvü, əməkdar elm xadimi, professor A.C.Hacıyevin 70 illik yubileyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə XIII Beynəlxalq konfransın tezisləri. Bakı, 2007. səh. 120.
2. Мамедов Дж.Н. Свободные колебания цилиндрических оболочек с заполнителем, усиленными продольными ребрами при осевом сжатии с учетом дискретных размещений ребер. *Механика машиностроения*. 2007, №4, səh. 15-17.
3. Латифов Ф.С., Мамедов Дж.Н. Оптимизации параметров цилиндрических оболочек, усиленных перекрестной системой ребер при осевом сжатии и динамическим взаимодействием со средой. *Естественные и технические науки*, Москва, 2008, №3 (35), ст. 21-28.
4. Мамедов Дж.Н. Оптимизации параметров цилиндрических оболочек, усиленных поперечных ребер при осевом сжатии и динамическим взаимодействием со средой. *Механика машиностроения*, 2009, №1, səh. 47-49.
5. Мамедов Дж.Н. Оптимизации параметров ребристых цилиндрических оболочек, при осевом сжатии и осесимметричным динамическим взаимодействием со средой. *Механика машиностроения*, 2009, №2, səh. 48-52.

6. Məmmədov C.N., Əliyev A.A. Diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan və mühitlə birgə oxasimmetrik rəqs edən silindrik örtüyün parametrlərinin optimallaşdırılması. AMEA-nın akademiki F.Q.Maqsudovun 80-illik yubileyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə Beynəlxalq konfransın tezisləri. Bakı, 2010, səh. 260-262.
7. Mamedov J.N. Optimization of parameters of visco-elastic cylindrical shells reinforced by a cross system of ribs under axial compression and dynamic interaction with filler. Proceedings of IMM of NAS of Azerbaijan, 2010, XXXII, page.223-230.

ДЖЕЙХУН НУРАДДИН оглы МАМЕДОВ

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДКРЕПЛЕННЫХ
ДИСКРЕТНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ РЕБРАМИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК, ЗАПОЛНЕННОЙ
СРЕДОЙ ПРИ ОСЕВОМ СЖАТИИ**

РЕЗЮМЕ

В диссертационной работе исследуются параметр оптимизации подкрепленной цилиндрической оболочки, заполненной средой при осевом сжатии. Рассмотрены три варианта креплений:

- 1) с регулярно и дискретно распределенными продольными ребрами;
- 2) с регулярно и дискретно распределенными кольцевыми ребрами;
- 3) с регулярно и дискретно распределенными продольными и кольцевыми ребрами.

Предполагается, что среда полностью заполняет внутреннюю полость оболочки. Исследованы как неосесимметричные, так и осесимметричные колебания рассмотренной конструкции. Во всех рассмотренных случаях построены частотные уравнения и получены формулы для параметра частот колебаний подкрепленной цилиндрической оболочки, заполненной средой при осевом сжатии. На основе полученных частот решена задача выбора оптимального варианта рассмотренной конструкции. Диссертационная работа состоит из двух глав.

Первая глава посвящена исследованию частоты свободных неосесимметричных колебаний и параметра оптимизации подкрепленных цилиндрических оболочек, заполненной средой при осевом сжатии.

Вторая глава посвящена исследованию частоты свободных осесимметричных колебаний и параметра оптимизации подкрепленных цилиндрических оболочек, заполненной средой при осевом сжатии.

JEYHUN NURADDIN MAMMADOV

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF CYLINDRICAL SHELL REINFORCED WITH DISCRETELY DISTRIBUTED RIBS UNDER AXIAL COMPRESSION AND FILLED WITH ENVIRONMENT

RESUME

This thesis explores the optimization parameters of stiffened cylindrical shell filled with environment under axial compression. We have considered three options for reinforcements:

- 1) with regularly and discretely distributed longitudinal ribs;
- 2) with regularly and discretely distributed circumferential ribs;
- 3) with regularly and discretely distributed longitudinal and circumferential ribs.

It is assumed that the environment is completely fills the interior cavity of the shell. It was investigated as non-axisymmetric and axisymmetric oscillations of the considered structure. In all cases, the frequency equations are built and found formulas for setting the vibration frequencies of stiffened cylindrical shell filled with environment under axial compression. Based on the obtained frequencies the problem is solved for choosing the best option of examined structure. The thesis is divided into two chapters.

The first chapter is devoted to the study of the frequency of free vibrations of non-axisymmetric oscillations and optimization parameter of reinforced cylindrical shells, filled with environment under axial compression.

The second chapter is devoted to the study of the frequency of free vibrations of axisymmetric oscillations and optimization parameter of reinforced cylindrical shells, filled with environment under axial compression.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

МАМЕДОВ ДЖЕЙХУН НУРАДДИН ОГЛЫ

**ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНО
ПОДКРЕПЛЕННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ,
ПОДВЕРЖЕННОЙ ОСЕВОЙ СЖИМАЮЩЕЙ СИЛОЙ,
ЗАПОЛНЕННОЙ СРЕДОЙ**

2002.01-Механика деформируемого твердого тела

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по математике

БАКУ – 2013