

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNİVERSİTETİ**

---

*Əlyazması hüququnda*

**ŞAKİR ŞÜKÜR OĞLU ALIYEV**

**MÜHİTLƏ DİNAMİK TƏMASDA OLAN QABIRĞALARLA**  
**MÖHKƏMLƏNDİRİLMİŞ ANİZOTROP**  
**SİLİNDRİK QABIĞIN RƏQSLƏRİ**

İxtisas: 3305.02 – İnşaat mexanikası

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

**BAKİ – 2018**

İş Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində yerinə yetirilmişdir

**Elmi rəhbər:** *Fizika-riyaziyyat elmlər doktoru, professor*  
**Fuad Seyfəddin oğlu Lətifov**

**Rəsmi opponentlər:** *Fizika-riyaziyyat elmlər doktoru, professor*  
**Orucəli Hüseynqulu oğlu Rzayev**

*Texnika üzrə fəlsəfə doktoru*  
**Nizami Rasim oğlu Yusifov**

**Aparıcı təşkilat:** Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti  
“Mexanika kafedrası”

Dissertasiya işinin müdafiəsi 22 iyun 2018-ci il, saat 14<sup>00</sup> da Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən D02.042 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

**Ünvan:** Az. 1073, Bakı şəh., A.Sultanova küç. 11, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, II tədris korpusu, otaq 104.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “ \_\_\_ ” “ \_\_\_\_\_ ” 2018-ci il tarixdə göndərilmişdir.

D 02.042 Dissertasiya Şurasının  
elmi katibi, f-r.ü.f.d., dosent

**A.M.İsayev**

## DİSSERTASIYA İŞİNİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı.** Silindirik formalı konstruksiyaların və ya konstruksiya elementlərinin maşınqayırmada, aviasiyada, raket-kosmik texnikasında, ötürmə sistemlərində, mülki tikinti sahəsində geniş yayıldığından onların dinamik hesabı və belə konstruksiyaların optimal variantının seçilməsi ilə bağlı məsələlər öz aktuallıqlarını müasir dövrdə də saxlamaqdadır. Konstruksiyaların və ya konstruksiya elementlərinin dinamik hesabında tətbiq üçün maraq kəsb edən məxsusi rəqslərin və formanın tapılması mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Kiçik tezlik oblastında rezonans tezliklərini aradan qaldırmaq üçün silindirik formalı konstruksiyaları və ya konstruksiya elementlərini çubuqlar vasitəsilə möhkəmləndirmək zərurəti yaranır. Belə konstruksiyaların çoxu iş şəraitində maye və bərk mühitlə təmasda olurlar. Odur ki, onların hesabı xarici mühitin təsirinin nəzərə alınmasını zəruri edir və məsələnin həlli kontakt məsələsinin həllinə gətirilir ki, bu da tədqiqat prosesində müəyyən çətinliklər yaradır. Məlumdur ki, konstruksiyanın fiziki və riyazi modelini qurduqda onun istismar şəraitini nəzərə almaq lazımdır. Dinamik effektlərin nəzərə alınması tənliliklərin tipini dəyişir, odur ki, hesabat üçün xüsusi üsullar tətbiq etmək lazımdır. Belə xüsusi üsullardan biri variasiya üsuludur. Bu üsulun səmərəliliyi ondan ibarətdir ki, onun köməyi ilə örtük və çubuqların dinamik tənliliklərini almaq olar.

Konstruksiyanın dinamik hesabında, optimal variantının seçilməsi probleminin həllində qabıqın materialının real xassələrinin nəzərə alınması vacib şərtlərdən biridir. Materialın belə xassələrindən biri anizotropluq xassəsidir.

Beləliklə, anizotropluq xassəsi nəzərə alınan, maye və ya bərk mühitlə təmasda olan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş konstruksiya elementlərinin sərbəst rəqslərinin tədqiqi və konstruksiyanın parametrlərinin rəasional variantının seçilməsi aktual məsələdir. Belə materiallara misal olaraq kompozit materialdan olan şüşəplastikləri misal göstərmək olar. Şüşəplastiklər anizotrop bütöv materialdan ibarət olub, aşınmaya və çürüməyə uğramayan, aqresiv mühitlərə qarşı dözümlü, yüngül, istilik tutumu və istilikkeçirmə xassəsi zəif, yüksək dielektrik xassəsi daşıyan xüsusiyyətlərə malikdirlər. Bu da onların məişət texnikasında, kənd təsərrüfatında, aviasiya və kosmik sahələrdə geniş tətbiqinə yol açır. Ən güclü möhkəmlik və sərtlik xassəsinə lifləri kəsilməz müəyyən bucaq altında yerləşən şüşəplastiklər malikdir. Oriyentasiya bucağını seçməklə şüşəplastiklərin mexaniki xassələrini tənzimləmək mümkündür.

Qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, maye və ya bərk mühitlərlə təmasda olan silindrik qabıqın 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.Ə. İsgəndərovun, R.Y. Əmənzadənin, M.F. Mehdiyevin, İ.T. Pirməmmədovun, F.S. Lətifovun, A.İ. Luryenin, S.R. Timoşenkonun, V.Z. Vlasovun, A.S. Volmirin, Ə.İ. Seyfullayevin, V.A. Zaruskinin və s. xidmətlərini qeyd etmək olar.

Təqdim olunmuş dissertasiya maye və ya bərk mühitlə təmasda olan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabıqın sərbəst rəqslərinin tezliklərinin tədqiqinə, bu tezliklər əsasında konstruksiyanın optimal variantının seçilməsinə həsr olunmuşdur.

**İşin məqsədi.** Maye və ya bərk mühitlə təmasda olan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabıqın sərbəst rəqslərinin tezliklərinin tədqiqinə, bu tezliklər əsasında konstruksiyanın optimal variantının seçilməsindən ibarət olunmuşdur.

**Dissertasiya işinin praktiki əhəmiyyəti.** Dissertasiyada alınmış nəticələrdən dinamik qüvvənin təsirinə məruz qalan, möhkəmləndirilmiş neft və qaz kəmərlərinin, sənaye və mülki tikintidə istifadə olunan konstruksiyaların və konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqində, konstruksiyanın optimal variantının seçilməsində istifadə etmək olar.

**Dissertasiya işinin elmi yenilikləri** aşağıdakılar təşkil edir:

- Ortotropluq xassəsi nəzərə alınan möhkəmləndirilmiş silindrik qabıqın sərbəst rəqslərinin tezliklərinin tədqiq etmək üçün məsələnin fiziki və riyazi modeli qurulmuşdur;
- Hamilton-Ostroqradski variasiya prinsipinin köməyi ilə tədqiq olunan konstruksiyanın sərbəst rəqslərinin tezliklərini, bunun əsasında optimallaşdırma parametrini tapmaq üçün tənliklər qurulmuşdur;
- Tədqiq olunan konstruksiyanın sərbəst rəqs tezliklərini və optimallaşdırma parametrini hesablamaq üçün analitik ifadələr alınmış və bu kəmiyyətlərə sistemi xarakterizə edən fiziki, mexaniki və hündəsi parametrlərin təsiri öyrənilmişdir;
- Optimallaşdırma parametri köməyi ilə silindrik qabıqı möhkəmləndirmək üçün qabırğaların sayı və örtüyün hündəsi ölçülərinin optimal variantı tapılmışdır.

**İşin aprobeşiyası.** Dissertasiya işinin əsas elmi nəticələri mütəmadi olaraq AzMİU-nun “Nəzəri və inşaat mexanikası”, “Materiallar müqaviməti”, “İnşaat konstruksiyaları”, “Ali riyaziyyat” kafedralarının (2012-2017), BDU-nun «Nəzəri və bütöv mühit mexanikası» kaferasının (2014),

AMEA RMI-nin «Elastiklik nəzəriyyəsi», «Dalğa dinamikası» şöbələrinin (2014), ATU-nun «Riyaziyyat» kaferasının (2013-2016) seminarlarında, Ukrayna Milli Akademiyası və Zaporozhye Milli Universitetinin birgə təşkil etdiyi «Актуальные проблемы прикладной механики и прочности конструкций» mövzusunda Beynəlxalq konfransda (Zaporozhye şəhəri, 2015), AMEA-nin Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun 55-illiyinə həsr olunmuş “Актуальные проблемы математики и механики” mövzusunda Beynəlxalq konfransda (Bakı şəhəri, 2015), Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyini təşkil etdiyi “Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX respublika elmi konfransda” (Bakı şəhəri, 2015), “Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin yaranmasının 100 illiyinə həsr olunmuş professor-müəllim heyətinin, doktorantların və gənc tədqiqatçıların beynəlxalq elmi konfransı” (AzMİU, Bak şəhəri, 2018) müzakirə edilmiş və bəyənilmişdir.

**Alınmış nəticələrin doğruluğu.** Məsələnin korrekt qoyuluşuna, elastiki məsələnin və mayenin hərəkət tənliyinin dəqiq həllərindən istifadə edilməsinə, alınmış tənliklərin və tənliklər sisteminin həll sxeminin dəqiqliyinin yoxlanılmasına əsaslanır. Alınmış analitik ifadələr özlərində məlum fiziki və riyazi qanunauyğunluqları birləşdirir.

**İşin həcmi və strukturu.** Dissertasiya işi girişdən, üç fəsildən, nəticədən və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 138 səhifədən ibarət olmaqla özündə 44 şəkli və 126 adda ədəbiyyatı birləşdirir.

## İŞİN ÜMUMİ MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı, elmi yeniliyi, praktiki əhəmiyyəti, alınmış nəticələrin etibarlılığı əsaslandırılmışdır.

**Birinci fəsil** iki paraqrafdan ibarət olub, dissertasiya işinin mövzusuna yaxın işlərin qısa xülasəsini əks etdirir.

**İkinci fəsil** maye ilə dinamik təmasda olan qabırğalarla möhkəmləndirilmiş anizotrop silindrik qabığın sərbəst rəqslərinin tədqiqi məsələsinin həllinə həsr olunmuşdur. Hesab olunur ki, elastiki simmetriya oxunun istiqaməti dairəvi istiqamətdəki koordinat oxu ilə müəyyən bucaq əmələ gətirir. Fəsil beş yarımfəsildən ibarətdir. Birinci yarımfəsildə maye ilə dinamik təmasda olan qabırğalarla möhkəmləndirilmiş anizotrop silindrik qabığın sərbəst rəqslərinin tədqiqi məsələsinin qoyuluşu verilmişdir.

Hesab edilir ki, silindrik qabığın gərginlik-deformasiya vəziyyəti Kirhof-Lyav hipotezasına əsaslanan örtüklərin xətti nəzəriyyəsinin tənlikləri ilə

tam təyin olunur. Qabırğaların hesabında isə düz oxlu çubuqlar üçün Kirhof-Klebş nəzəriyyəsinə əsaslanan tənliklərdən istifadə edilir. Ostroqradski-Hamiltonun variyasiya prinsipindən istifadə etmək üçün mayenin təsirinə məruz qalan silindrik qabıq, qabırğalardan ibarət konstruksiyanın tam enerjisini yazılır:

$$I = I_0 + J_i + J_j + A \quad (1)$$

Burada  $I_0$  - silindrik qabığın,  $J_i$  - boyuna qabırğaların,  $J_j$  - halqaların tam enerjiləri,  $A$  - maye tərəfindən silindrik qabığa təsir edən təzyiqliqüvvəsinin nöqtələrinin radial istiqamətdə yerdəyişməsində gördüyü işdir.

$$\begin{aligned} J_0 &= \frac{1}{2} R^2 \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \{ N_{11} \varepsilon_{11} + N_{22} \varepsilon_{22} + N_{12} \varepsilon_{12} - M_{11} \chi_{11} - M_{22} \chi_{22} - M_{12} \chi_{12} \} dx dy \\ &+ \rho_0 h \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \vartheta}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \right] dx dy \\ J_i &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{k_1} \int_{x_1}^{x_2} \left[ \tilde{E}_i F_i \left( \frac{\partial u_i}{\partial x} \right)^2 + \tilde{E}_i J_{y_i} \left( \frac{\partial^2 w_i}{\partial x^2} \right)^2 + \tilde{E}_i J_{z_i} \left( \frac{\partial^2 \vartheta_i}{\partial x^2} \right)^2 + \tilde{G}_i J_{\kappa p i} \left( \frac{\partial \varphi_{\kappa p i}}{\partial x} \right)^2 \right] dx + \\ &+ \sum_{i=1}^{k_1} \rho_i F_i \int_{x_1}^{x_2} \left[ \left( \frac{\partial u_i}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \vartheta_i}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_i}{\partial t} \right)^2 + \frac{J_{\kappa p i}}{F_i} \left( \frac{\partial \varphi_{\kappa p i}}{\partial t} \right)^2 \right] dx \\ J_j &= \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{k_2} \int_{y_1}^{y_2} \left[ \tilde{E}_j F_j \left( \frac{\partial \vartheta_j}{\partial y} - \frac{w_j}{R} \right)^2 + \tilde{E}_j J_{x_j} \left( \frac{\partial^2 w_j}{\partial x^2} + \frac{w_j}{R^2} \right)^2 + \right. \\ &+ \left. \tilde{E}_j J_{z_j} \left( \frac{\partial^2 u_j}{\partial y^2} - \frac{\varphi_{\kappa p j}}{R} \right)^2 + \tilde{G}_j J_{\kappa p j} \left( \frac{\partial \varphi_{\kappa p j}}{\partial y} + \frac{1}{R} \frac{\partial u_j}{\partial y} \right)^2 \right] dy + \\ &+ \sum_{j=1}^{k_2} \rho_j F_j \int_{y_1}^{y_2} \left[ \left( \frac{\partial u_j}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \vartheta_j}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_j}{\partial t} \right)^2 + \frac{J_{\kappa p j}}{F_j} \left( \frac{\partial \varphi_{\kappa p j}}{\partial t} \right)^2 \right] dy \\ A &= - \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} q_z w dx dy \end{aligned}$$

Bu ifadələrdə  $u, \vartheta, w$  - silindrik qabığın nöqtələrinin yerdəyişmələri,  $E, \nu$  - uyğun olaraq, silindrik qabığın materialının elastikiyyət modulu və Puasson əmsalı,  $R, h$  - uyğun olaraq, silindrik qabığın radiusu və qalınlığı,  $\tilde{E}_i, \tilde{E}_j$  - uyğun olaraq, boyuna qabırğaların və halqanın elastikiyyət modulu,  $F_i, F_j$  - uyğun olaraq, boyuna qabırğaların və halqanın en

kəsiklərinin sahələri,  $I_{yi}$ ,  $I_{kpi}$  – boyuna qabırğaların en kəsiyinin ətalət momentləri,  $I_{xi}$ ,  $I_{kpj}$  – halqanın en kəsiyinin ətalət momentləri,  $q_z$  – maye tərəfindən silindrik örtüyə təsir edən təzyiqlik qüvvəsinin komponentləri,  $G_i$ ,  $G_j$  – uyğun olaraq, boyuna qabırğaların və halqanın sürüşmədə elastikiyyət modulları,  $u_i$ ,  $\vartheta_i$ ,  $w_i$  – boyuna qabırğaların nöqtələrinin yerdəyişmələri,  $k_1$  - boyuna qabırğaların sayı,  $k_2$  - halqaların sayı,  $J_0$  – silindrik qabığın,  $I_i$  - boyuna qabırğaların,  $I_j$  - halqaların tam enerjiləri,  $A$  – maye tərəfindən silindrik qabığa təsir edən təzyiqlik qüvvəsinin nöqtələrinin radial istiqamətdə yerdəyişməsində gördüyü işdir.

Nəzərdə tutulur ki, qabıqla qabırğalar arasında sərt kontakt şərtləri ödənilir:

$$\begin{aligned} u_i(x) &= u(x, y_i) + h_i \varphi_1(x, y_i), \quad \vartheta_i(x) = \vartheta(x, y_i) + h_i \varphi_2(x, y_i), \\ w_i(x) &= w(x, y_i), \quad \varphi_i(x) = \varphi_1(x, y_i), \quad \varphi_{kpi}(x) = \varphi_2(x, y_i); \\ h_i &= 0,5h + H_i^1, \quad u_j(y) = u(x_j, y) + h_j \varphi_1(x_j, y) \\ \vartheta_j(y) &= \vartheta(x_j, y) + h_j \varphi_2(x_j, y), \quad w_j(y) = w(x_j, y) \\ \varphi_j(y) &= \varphi_2(x_j, y), \quad \varphi_{kpi}(y) = \varphi_1(x_j, y), \quad h_j = 0,5h + H_j^1, \end{aligned}$$

Burada  $H_j^1$  -  $j$ -ci halqanın oxunun silindrik qabığın səthindən olan məsafəsi,  $\varphi_j$ ,  $\varphi_{kpi}$ ,  $\varphi_i$ ,  $\varphi_{kpi}$  – uyğun olaraq, halqanın və milin en kəsiklərinin dönmə və burulma bucaqları olub, qabığın yerdəyişmələri ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\varphi_{kpi}(y) = \varphi_1(x_j, y) = - \left. \frac{\partial w}{\partial x} \right|_{x=x_j}; \quad \varphi_{kpi}(x) = \varphi_2(x, y_i) = - \left. \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\vartheta}{R} \right) \right|_{y=y_i}$$

Daxili qüvvə və momentlərin ifadələrini aşağıdakı kimi götürək:

Nəzərdə tutulur ki, qabıqla qabırğalar arasında sərt kontakt şərtləri ödənilir. Daxili qüvvə və momentlərin ifadələri aşağıdakı kimi götürülür:

$$N_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} (\sigma_{ij} + z w_{ij}) dz; \quad M_{ij} = - \int_{-h/2}^{h/2} (\sigma_{ij} + z w_{ij}) z dz \quad (2)$$

$$w_{11} = B_{11} \chi_{11} + B_{12} \chi_{22} + B_{16} \chi_{12}; \quad w_{22} = B_{12} \chi_{11} + B_{22} \chi_{22} + B_{26} \chi_{12};$$

$$w_{21} = w_{12} = B_{16} \chi_{11} + B_{22} \chi_{22} + B_{66} \chi_{12}$$

(2) münasibətlərinə daxil olan gərginliklər  $\sigma_{ij}$  və orta səthin deformasiyaları  $\varepsilon_{ij}$  aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\sigma_{11} = B_{11}\varepsilon_{11} + B_{12}\varepsilon_{22} + B_{16}\varepsilon_{12}; \quad \sigma_{22} = B_{12}\varepsilon_{11} + B_{22}\varepsilon_{22} + B_{26}\varepsilon_{12}; \quad (3)$$

$$\sigma_{12} = B_{16}\varepsilon_{11} + B_{26}\varepsilon_{22} + B_{66}\varepsilon_{12}$$

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial g}{\partial y} + \frac{w}{R}; \quad \varepsilon_{12} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial g}{\partial x}; \quad \chi_{11} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad \chi_{22} = \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \quad \chi_{12} = -2 \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y};$$

Elastikiyyətə sabitləri anizotropiya istiqamətinin dairəvi istiqamətlərdəki kordinat oxu ilə əmələ gətirdiyi  $\varphi$  bucağından asılı olub, aşağıdakı şəkildə təyin olunur:

$$B_{11} = b_{11}\cos^4\varphi + b_{22}\sin^4\varphi + (b_{66} + 0,5b_{12})\sin^2 2\varphi;$$

$$B_{22} = b_{11}\sin^4\varphi + b_{22}\cos^4\varphi + (b_{66} + 0,5b_{12})\sin^2 2\varphi;$$

$$B_{12} = (b_{11} + b_{22} - 4b_{66})\sin^2\varphi\cos^2\varphi + b_{12}(\sin^4\varphi + \cos^4\varphi);$$

$$B_{66} = -(b_{11} + b_{22} - 2b_{12})\sin^2\varphi\cos^2\varphi + b_{66}\cos^2 2\varphi$$

$$B_{26} = 1/2 (b_{22}\cos^2\varphi - b_{11}\sin^2\varphi)\sin 2\varphi - 1/6 (b_{12} + 2b_{66})\sin 4\varphi$$

$$B_{16} = 1/2 (b_{22}\sin^2\varphi - b_{11}\cos^2\varphi)\sin 2\varphi - 1/6 (b_{12} + 2b_{66})\sin 4\varphi.$$

Burada  $b_{11}, b_{22}, b_{12}, b_{66}$  – uyğun ortotrop materialın əsas elastikiyyət modullarıdır və kordinat oxları istiqamətindəki elastikiyyət modulları  $E_1, E_2$ , Poasson əmsalları  $\nu_1, \nu_2$  ilə aşağıdakı kimi ifadə olunurlar:

$$b_{11} = \frac{E_1}{1 - \nu_1\nu_2}; \quad b_{22} = \frac{E_2}{1 - \nu_1\nu_2}; \quad b_{12} = \frac{\nu_2 E_1}{1 - \nu_1\nu_2} = \frac{\nu_1 E_2}{1 - \nu_1\nu_2}; \quad b_{66} = G_{12} = G;$$

Bu xassəyə malik konstruksiyaya misal olaraq yüksək fiziki-mexaniki xassə daşıyan şüşə-lifləri və ya şüşəkompozitləri göstərmək olar. Şüşə-liflər şüşədən və qətrəndən düzəldilir və aşınmaya qarşı davamlı, yüngül, istilik tutumu və istilikkeçirməsi zəif, aqresiv mühitlərə qarşı dözümlü, təmirə və daşınmasına az məsrəf tələb olunma və s. xüsusiyyətləri ilə fərqlənir. Şüşə-kompozitlər polada, alminimuma, ağaca xas olan yalnız yüksək keyfiyyətli xassələri özündə cəmləşdirir.

Silindirik qabığın daxili oblastını tam dolduran və sürəti ilə hərəkət edən mayenin hərəkəti  $\bar{\Phi}$  potensialına nəzərən aşağıdakı şəkildədir:

$$\Delta \bar{\Phi} - \frac{1}{a_0^2} \left( \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{\partial t^2} + 2U \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{R \partial \xi \partial t} + U^2 \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{R^2 \partial \xi^2} \right) = 0 \quad (4)$$

Qabıq-mayenin kontaktında radial istiqamətində sürət və təzyiğin bəra-



bərliyi ödəyir:

$$\mathcal{G}_r \Big|_{r=R} = \frac{\partial \tilde{\varphi}}{\partial r} \Big|_{r=R} = - \left( \omega_0 \frac{\partial w}{\partial t_1} + U \frac{\partial w}{R \partial \xi} \right), \quad q_z = -p \Big|_{r=R} \quad (5)$$

Hesab edəcəyik ki, silindrik qabıq uclarından oynaqla bağlanmışdır, yəni,  $x = 0$  və  $x = L$  kəsiklərində aşağıdakı şərtlər ödəyir:

$$u = 0, \quad w = 0, \quad T_l = 0, \quad M_l = 0 \quad (6)$$

Burada  $T_l, M_l$  – silindrik qabığın en kəsiyində təsir edən qüvvə və momentdir.

Ostraqradski-Hamilton təsirinin qərarlaşma şərtindən istifadə etməklə variasiyalama əməliyyatını həyata keçirməklə qabırğalar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş və maye ilə dinamik təmasda olan silindrik qabığın tənlik tezliyi alınır.

Beləliklə, qabırğalar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş və maye ilə dinamik təmasda olan silindrik qabığın rəqsləri məsələnin həlli, diskret paylanmış qabırğalar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş, daxili oblastunda maye axan silindirik qabıqdan ibarət konstruksiyanın (1) tam enerjisinin, mayenin (4) hərəkət tənliyinin (5) kontakt, (6) sərhəd şərtləri daxilində birgə inteqrallanmasına gətirilir.

İkinci yarım fəsilə maye ilə dinamik təmasda olan boyuna qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, anozotrop silindrik qabığın sərbəst rəqsləri tədqiq olunmuşdur. Bu halda (1) enerji ifadəsində  $I_1 = 0$  qəbul etməklə, yalnız doğurarı boyuna qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, maye ilə dinamik təmasda olan silindrik qabığın tam enerjisi üçün ifadəni alırıq. Qabığın yerdəyişmələrini aşağıdakı şəkildə axtaraq:

$$u = u_0 \cos \chi \xi \cos n\theta \sin \omega_1 t_1; \quad \mathcal{G} = \mathcal{G}_0 \sin \chi \xi \sin n\theta \sin \omega_1 t_1 \quad (7)$$

$$w = w_0 \sin \chi \xi \cos n\theta \sin \omega_1 t_1$$

Burada,  $u_0, \mathcal{G}_0, w_0$  – naməlum sabitlər,

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

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{E}{(1 - \nu^2) \rho_0 R^2}}, \quad \xi = \frac{x}{L}, \quad t_1 = \omega_0 t, \quad \chi, \quad n -$$

silindrik qabıgın doğurarı və dairəvi istiqamətlərdəki dalğa ədədləridir.(7) həllərini (1)-də yerinə yazıb ( $J_j=0$ ), (5) kontakt şərtlərini nəzərə alsaq, tam enerji üçün aşağıdakı tənliyi alırıq:

$$J_c = \bar{\varphi}_{11} u_0^2 + \bar{\varphi}_{22} \vartheta_0^2 + \bar{\varphi}_{33} w_0^2 + \bar{\varphi}_{44} u_0 \vartheta_0 + \bar{\varphi}_{55} u_0 w_0 + \bar{\varphi}_{66} \vartheta_0 w_0$$

$J_c$  ifadəsini asılı olmayan  $u_0, \vartheta_0, w_0$  sabitlərinə nəzərən variasiyalasaq və asılı olmayan variasiyaların əmsallarını sıfıra bərabər etsək, aşağıdakı bircins cəbri tənliklər sistemini alırıq. Alınan sistem xətti bircins cəbri tənliklər sistemi olduğundan, onun sıfırdan fərqli həllinin varlığı üçün zəruri və kafi şərt onun baş determinantının sıfıra bərabər olmasıdır. Nəticədə aşağıdakı tezlik tənliyini alırıq:

$$4\bar{\varphi}_{11}\bar{\varphi}_{22}\bar{\varphi}_{33} + \bar{\varphi}_{44}\bar{\varphi}_{55}\bar{\varphi}_{66} - \bar{\varphi}_{55}^2\bar{\varphi}_{22} - \bar{\varphi}_{66}^2\bar{\varphi}_{11} - \bar{\varphi}_{44}^2\bar{\varphi}_{33} = 0 \quad (8)$$

Bu tənlik maye sıxılmayan olduqda, ya nəzərən kub tənliyə çevrilir:

$$\lambda^3 + \beta_{11}\lambda^2 + \beta_{22}\lambda + \beta_{33} = 0 \quad (9)$$

(9) tənliyinin həqiqi kökü aşağıdakı şəkildədir:

$$\lambda = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} - \frac{\beta_{11}}{3} \quad (10)$$

$$p = \beta_{22} - \frac{\beta_{11}^2}{3}; \quad q = \frac{2\beta_{11}^3}{27} - \frac{\beta_{11}\beta_{22}}{3} + \beta_{33}.$$

(8) tənliyinin kökləri ədədi üsulla hesablanmışdır. Hesablamada mayeni, qabığı və qabırğaları xarakterizə edən parametrlər üçün aşağıdakı qiymətlər götürülmüşdür:

$$E = E_i = 6,67 \cdot 10^9 \text{ N / m}^2; \quad \nu = 0,3; \quad \chi = 1; \quad n = 8; \quad h_i = 1,39 \text{ mm}; \quad R = 160 \text{ mm};$$

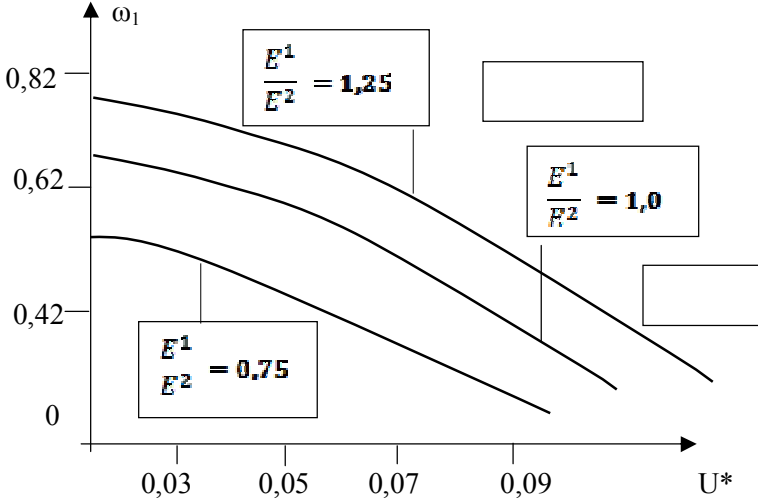
$$b_{11} = 18,3 \text{ ГПа}, \quad b_{12} = 2,77 \text{ QPa}, \quad b_{22} = 25,2 \text{ QPa}, \quad b_{66} = 3,5 \text{ QPa},$$

$$L = 800 \text{ mm}; \quad \frac{F_i}{2\pi R h} = 0,1591 \cdot 10^{-1}; \quad \frac{I_{yc}}{2\pi R^3 h} = 0,8289 \cdot 10^{-6}; \quad h = 0,45 \text{ mm};$$

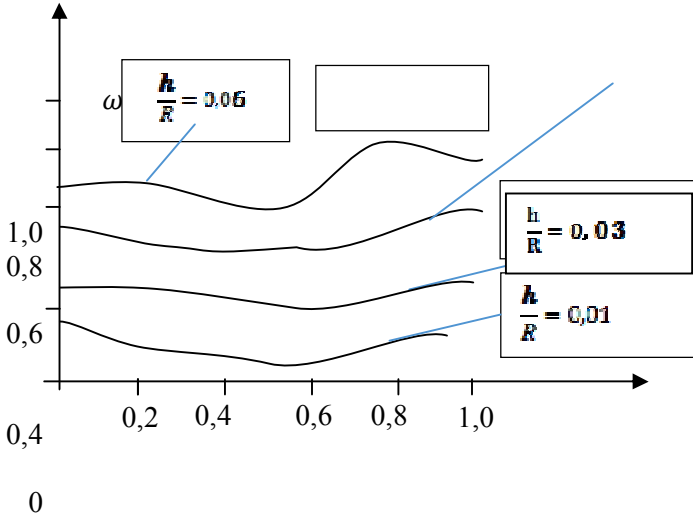
$$\frac{I_{kp,i}}{2\pi R^3 h} = 0,5305 \cdot 10^{-6}; \quad \rho_m / \rho_0 = 0,15; \quad a_0 = 1800 \frac{\text{m}}{\text{san}}, \quad J_{yi} = 5,1 \text{ m m}^4.$$

Hesablamaların nəticələri şəkil 1-də sistemin tezlik parametrlərinin mayenin hərəkət sürətindən, şəkil 2-də liflərin dolanma bucağından, şəkil 3-də boyuna qabırğaların sayından asılılığı şəkilində, müxtəlif xassəli ortotrop materialdan olan silindrik örtük üçün verilmişdir.

Şəkil 1- dən görüldüyü kimi mayenin hərəkət sürəti artdıqca, sistemin rəqs tezlikləri sıfıra qədər azalır. Liflərin dolanma bucağı artdıqca sistemin rəqs tezliklərinin dolanma bucağından asılılığı mürəkkəb xarakter alır və bu özünü silindrik örtüyün qalınlığı azaldıqca daha kəskin büzüzə verir.

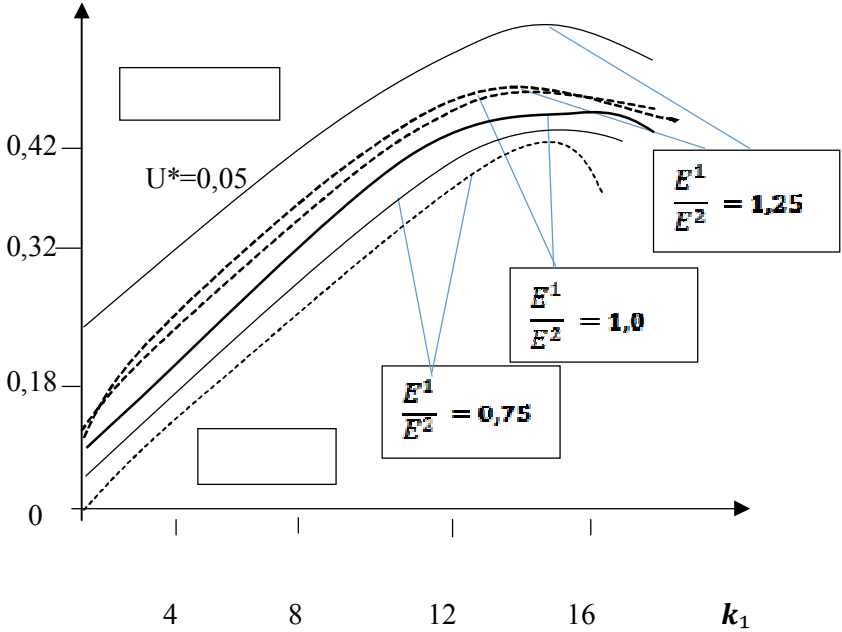


Şəkil 1. Tezlik parametrinin mayenin hərəkət sürətindən asılılığı.



**Şəkil 2.** Tezlik parametrinin liflərin dolanma bucağından asılılığı.

Şəkil 3-dən görsənir ki, boyuna qabırğaların sayı artdıqca, sistemin rəqs tezlikləri əvvəlcə artır və müəyyən qiymətdən sonra azalmağa başlayır. Bu onunla izah olunur ki, millərin sayı artdıqca onların kütləsi artır və onların rəqs prosesinə ətalət təsiri güclənir.



**Şəkil 3.** Tezlik parametrinin boyuna qabırğaların sayından asılılığı.

Şəkil 3-də göstərilmiş qırıq-qırıq xətlərə  $k_2=12$ , bütöv xətlərə  $k_2=16$

uyğundur. Qrafiklərdən görüldüyü kimi silindrik qabıqın ortotropluq xassəsi gücləndikcə sistemin məxsusi rəqs tezlikləri artır.

Üçüncü yarımfəsildə anoloji məsələ maye ilə dinamik təmasda olan halqavari qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, dördüncü yarımfəsildə maye ilə dinamik təmasda olan şəbəkə əmələ gətirən qabırğalarla möhkəmləndirilmiş anizotrop silindrik qabıqın sərbəst rəqsləri tədqiq olunmuşdur. Beşinci yarımfəsi maye ilə dinamik təmasda olan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, anizotrop silindrik qabıqın parametrlərinin optimallaşdırılmasına həsr olunmuşdur.

**Üçüncü fəsildə** qabırğalarla möhkəmləndirilmiş və qrunla təmasda olan anizotrop silindrik qabıqın sərbəst rəqsləri haqqında məsələyə baxılmışdır. Qabırğaların silindrik qabıqın səthində yerləşməsinin üç halı nəzərdən keçirilmişdir: 1) qabırğalar silindrik qabıqın səthində onun doğurarı boyu yerləşdirilmişdir; 2) silindrik qabıq halqavari qabırğaların köməyi ilə möhkəmləndirilmişdir; 3) qabırğalar silindrik qabıqın səthində ortoqonal şəbəkə əmələ gətirir. Qrun elastiki formada modelləşdirilərək yerdəyişmələrdə Lamé tənlikləri sisteminin köməyi ilə tədqiq olunmuşdur.

Fəsil beş yarımfəsildən ibarətdir. Birinci yarımfəsildə qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, qrunla təmasda olan anizotrop silindrik qabıqın sərbəst rəqsləri haqqında məsələnin qoyuluşu verilmişdir.

İkinci yarımfəsildə doğurarı boyu qabırğalarla möhkəmləndirilmiş anizotrop silindrik qabıqın qrunla birgə sərbəst rəqsləri haqqında məsələ həll edilmişdir. Kontakt şərtlərinin köməyi ilə sistemin tezliklərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuş, sistemi xarakterizə edən mexaniki, həndəsi parametrlərdən asılı olaraq tədqiq olunmuş və tezliklərin hesablanma düsturları alınmışdır.

Üçüncü yarımfəsildə ikinci yarımfəsildə baxılan məsələ halqavari qabırğaların köməyi ilə möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabıqın qrunla birgə sərbəst rəqsləri üçün, dördüncü yarımfəsildə isə ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən qabırğalar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş və qrunla təmasda olan silindrik qabıqın rəqsləri üçün həll edilmişdir. Hər iki halda sistemin tezlik tənliyi qurulmuş və bu tənliklərdən rəqs tezlikləri üçün analitik ifadələr alınmışdır.

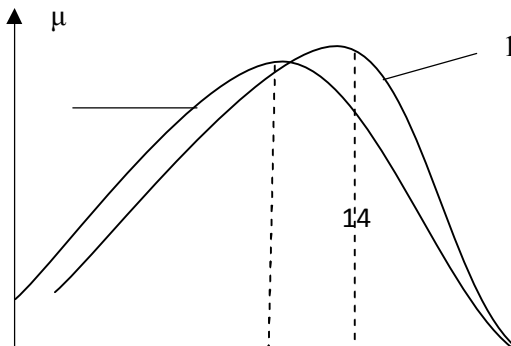
Beşinci yarım fəsildə anizotrop silindrik qabığın həndəsi ölçülərinin və qabırğaların sayının optimal variantını tapmaq üçün optimallaşdırma parametri daxil edilmiş və qabırğaların sayından asılı olaraq onun dəyişməsi öyrənilmişdir. Konstruksiyanın optimal variantı dedikdə, çəkisi yüngül olub, iqtisadi baxımdan maya dəyəri aşağı olan, möhkəmliyi praktikanın tələbatına cavab verən konstruksiyanın seçilməsi nəzərdə tutulur. Məsələnin qoyuluşu isə belədir: Anizotrop silindrik qabığın baş ölçüləri (radiusu və uzunluğu) verilir, silindrik qabığın çəkisinin minimumunu təmin edən qalınlığının, qabırğaların sayının və qabırğaların xarakteristikalarının təyin olunması tələb olunur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, sistemin gərginlik vəziyyəti möhkəmlik şərtini ödəməlidir.

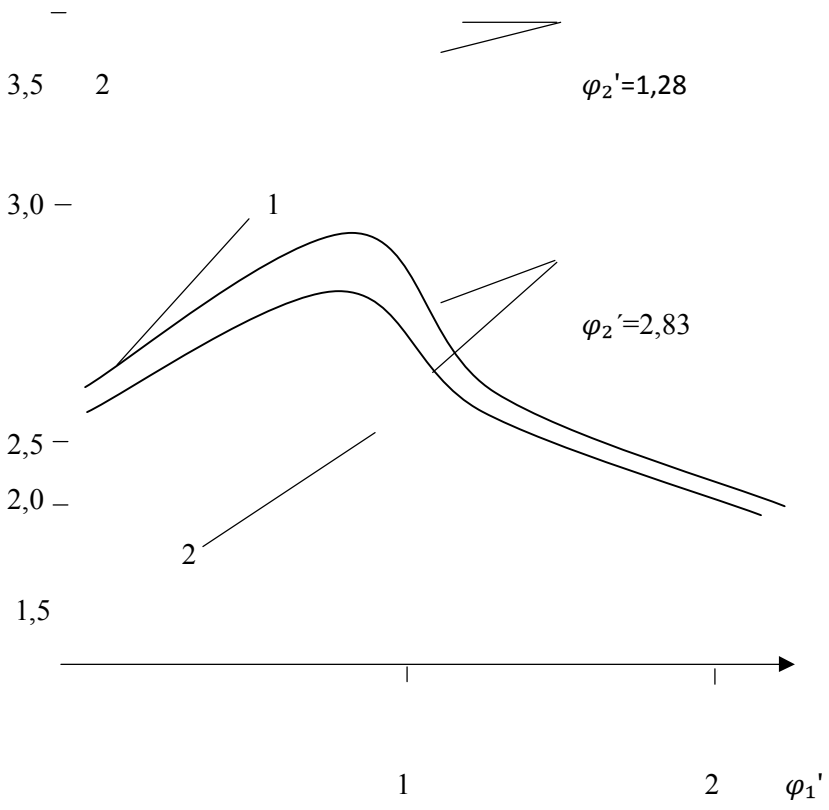
Qoyulmuş məsələnin həlli qabırğalarla möhkəmləndirilmiş maye ilə təmasda olan silindrik qabıqdan ibarət konstruksiya üçün sərbəst rəqs tezliyi ilə çəkisi nəzərdən keçirilən konstruksiyanın çəkisinə bərabər maye ilə təmasda olan hamar silindrik qabıqdan ibarət konstruksiya üçün rəqs tezliklərinin müqayisəsinə gətirilir.

Bu zaman nəzərdə tutulur ki, müqayisə olunan silindrik qabığın radiusları, uzunluqları və materialları eynidir. Optimallaşdırma meyarı olaraq qabırğalarla möhkəmləndirilmiş maye ilə təmasda olan silindrik qabığın rəqs tezliyinin kvadratının  $\omega_1^2$ , uyğun maye ilə təmasda olan eyni çəkili, hamar silindrik qabığın rəqs tezliyinin kvadratına  $\omega_0^2$ , olan nisbəti götürülür:

$$\mu = \frac{\omega_1^2}{\omega_0^2}$$

Bu nisbəti maksimum qiymət alan qabıq səmərəli seçim hesab olunur. Möhkəmləndirmə parametrlərinin seçilməsini həyata keçirən həll üsulu bu parametrlərin konstruksiyanın məxsusi rəqs tezliklərinə təsirinin öyrənilməsindən ibarətdir. Möhkəmləndirmə parametri olaraq biri digərindən asılı olmadan dəyişənlər seçilmişdir :  $\varphi_1' = \bar{\gamma}_c^{(1)} + \bar{\gamma}_h^{(2)}$  – bütün qabırğaların çəkisinin silindrik örtüyün çəkisinə olan nisbəti:  $\varphi_2' = \bar{\gamma}_c^{(1)} / \bar{\gamma}_h^{(2)}$  – boyuna qabırğaların çəkisinin halqəşəkilli qabırğaların





**Şəkil 4.** Nisbi effektivlik əmsalı  $\mu$ -nün çubuqların nisbi çəkisi  $\varphi_1'$ -dən

asıllığı ( $E^1 = 1,0$ ).

çəkisinə olan nisbəti;  $a_1 = \frac{2 \pi R}{k_2 h}$  – boyuna qabırğalar arasındakı məsafənin silindrik qabığın qalınlığına olan nisbəti;

$a_2 = \frac{L_1}{h(k_1 + 1)}$  – halqəşəkilli qabırğalar arasındakı məsafənin silindrik

qabığın qalınlığına olan nisbəti ;  $\psi_1 = \frac{h_c}{b_c}$  və  $\psi_2 = \frac{h_h}{b_h}$  - uyğun olaraq,

boyuna qabırğaların və halqəşəkilli qabırğaların hündürlüklərinin onların qalınlıqlarına olan nisbəti. Şəkil 4- də effektivlik əmsalı  $\mu$  - nün boyuna qabırğaların çəkisinin halqəşəkilli qabırğaların çəkinə olan nisbəti  $\varphi_2$  – in müxtəlif qiymətləri üçün qabırğaların nisbi çəkisi  $\varphi_1$  - dən asılılığı göstərilmişdir. Qabırğaların ən kəsiyi düzbucaqlı formasında götürülmüşdür. Qəbul edilmişdir ki, qabırğaların nisbi hündürlüyü, onlar arasındakı məsafə, mühitin Puasson əmsalı və nisbi elastiklik modulu verilmişdir:

$$\tilde{\psi}_1 = \tilde{\psi}_2 = 10, a_1 = 100, a_2 = 200, \rho_0 = 7,8q/sm^3; \rho = 1q/sm^3.$$

Şəkil 4 – dən görüldüyü kimi  $\varphi_1$  artıqca nisbi effektivlik əmsalı  $\mu$  artıb, maksimum qiymət alaraq, yenidən azalır və bu parametrimin maksimumuna uyğun gələn  $\varphi_1$  vahiddən çox az fərqlənir. Bu isə onu göstərir ki, qabırğaların çəkisi təqribən silindirik örtüyün çəkinə bərabər olduqda örtüyün möhkəmləndirilməsi əlverişlidir. Hesablamalara əsasən bu nəticə kifayət qədər sıx şəbəkə əmələ gətirən qabırğalarla möhkəmləndirmə üçün doğrudur.  $\varphi_1$  – in kiçik qiymətlərində  $\mu$  əmsalı vahiddən kiçik minimum qiymət alır ki, bu da silindirik qabığın olduqca zəif qabırğalarla möhkəmləndirilməsinin səmərəli olmadığını göstərir. Şəkil 4 – də 1 əyrisinə maye olmadığı, 2 əyrisinə isə mayenin təsiri nəzərə alındığı hallar uyğundur. Şəkildən görüldüyü kimi mayenin təsiri nəzərə alındıqda  $\mu$  parametri maksimum qiymətini daha tez alır və  $\varphi_1$  – in qiyməti maye olmadığı hala uyğun qiymətindən az olur.  $\mu$  parametrinin  $\varphi_2$  – dən asılılığı göstərir ki,  $\mu$  parametri maksimum qiymətini  $\varphi_2 > 1$  olduqda alır və baxdığımız misalda  $\varphi_2 = 1,28$  - ə bərabərdir. Bu isə onu göstərir ki, boyuna qabırğaların çəkisi halqəşəkilli qabırğaların çəkisindən çox götürmək lazımdır.

## ƏSAS NƏTİCƏLƏR



1. Mayenin hərəkət sürəti artdıqca, sistemin rəqs tezlikləri sıfıra qədər azalır ki, bu da qabıqın dayanıqlığının itirilməsinə uyğun gəlir;

2. liflərin dolanma bucağı artdıqca sistemin rəqs tezliklərinin dolanma bucağından asılılığı mürəkkəb xarakter alır və bu özünü silindrik örtüyün qalınlığı azaldıqca daha kəskin büruzə verir;

3. Millərin ( $k_1$ ) və halqaların ( $k_2$ ) sayın artdıqca, sistemin rəqs tezlikləri əvvəlcə artır ( $k_1 \leq 8; k_2 \leq 12$ ), millərin və halqaların sayının sonrakı artımında onların kütləsinin rəqs prosesinə ətalət təsiri gücləndiyindən, sistemin rəqs tezlikləri azalmağa başlayır;

4. Bütün qabırğaların çəkisinin silindrik örtüyün çəkisinə olan nisbəti  $\varphi_1'$  vahiddən çox az fərqləndikdə optimallaşdırma parametri  $\mu$  maksimum qiymət alır ki, bu da örtüyün möhkəmləndirilməsinin əlverişli olduğunu göstərir;

5.  $\mu$  parametrinin boyuna qabırğaların çəkisinin halqaşəkilli qabırğaların çəkisinə olan nisbəti  $\varphi_2'$ -dən asılılığı göstərir ki,  $\mu$  parametri maksimum qiymətini  $\varphi_2' > 1$  olduqda alır və baxılan halda  $\varphi_2' = 1,28$ -ə bərabərdir, yəni boyuna qabırğaların çəkisi halqaşəkilli qabırğaların çəkisindən çox olmalıdır.

6. Silindrik qabıqın doğurarı istiqamətində optotropluq xassəsi güclü olduqda boyuna millərlə möhkəmləndirmə daha əlverişlidir;

7. Qruntun ətalət xassəsinin rəqs prosesinə təsirini nəzərə aldıqda, konstruksiyanın məxsusi rəqs tezlikləri qrunun ətalət xassəsinin rəqs prosesinə təsirini nəzərə alınmadığı halla müqayisədə azalır və aparılan hesablamalarda fərq 8% aralığında dəyişir;

8. Qrunun ətalət təsirini sistemin rəqs prosesinə təsirini nəzərə aldıqda optimallaşdırma parametri maksimum qiymətini daha tez alır.

### **Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı məqalələrdə çap olunmuşdur:**

1. Алыев Ш.Ш. Свободные колебания усиленных продольными системами ребер анизотропной цилиндрической оболочки из стеклопластика, с протекающей жидкостью. Теоретическая и прикладная механика. Баку, 2014, №1-2, с.136-143.

2. Латифов Ф.С., Алыев Ш.Ш. Колебания продольно подкрепленных, нагруженных осевыми сжимающими силами анизотропной цилиндрической оболочки из стеклопластика, с протекающей жидкостью. Актуальные проблемы математики и механики. Материалы Международной конференции, посвященной 55-летию Института Математики и Механики НАН Азербайджана, Баку, 15-16 май, с.217-219.

3. Латифов Ф.С., Искендеров Р.А., Алыев Ш.Ш. Свободные колебания усиленных поперечными системами ребер анизотропной цилиндрической оболочки из стеклопластика, с протекающей жидкостью. Министерства образования и науки Украины, Днепропетровский национальный университет им О.Гончара, «Проблемы вычислительной механики и прочности конструкций», выпуск 24, 2015, с.123-134.

4. Латифов Ф.С., Искендеров Р.А., Алыев Ш.Ш. Свободные колебания усиленных поперечными системами ребер анизотропной цилиндрической оболочки из стеклопластика, с протекающей жидкостью. Программы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы прикладной механики и прочности конструкций», г. Запорожье, Украина, 2015. 13 с.

5. Latifov F.S., R.A.Iskanderov, Sh.Sh.Aliyev. Free oscillations of flowing liquid-filled anisotropic cylindrical shell strengthened with crossed systems of ribs // International Journal on «Technical and Physical Problems of Engineering», Issue 24, volume 7, № 3, 2015, pp. 63-67.

6. Aliyev Ş.Ş. Qruntla dinamik təmasda olan, boyuna qabırğalarla möhkəmləndirilmiş anizotrop silindrik qabığın sərbəst rəqsləri. Ekologiya və su təsərrüfatı, 2015, №1, s.76-80.

7. Aliyev Ş.Ş. Halqalarla möhkəmləndirilmiş, qruntla təmasda olan, anizotrop silindrik qabığın rəqsləri // Elmi əsərlər. Azərbaycan Texniki Universiteti, 2015, №4, s.113-117

8. Aliyev Ş.Ş. Şəbəkə əmələ gətirən qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, qruntla təmasda olan, anizotrop silindrik qabığın rəqsləri. Теоретическая и прикладная механика. Баку, 2015, №3-4, s.60-66.

9. Aliyev Ş.Ş., F.S.Latifov, F.A.Seifullaev. Free vibrations of an anisotropic cylindrical fiberglass shell reinforced by annular ribs and

containing fluid flow. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 2016, Vol. 57, No. 4, pp. 709–713.

10. Alıyev Ş.Ş. Qruntla dinamik təmasda olan, anizotrop silindrik qabığın parametrlərinin optimallaşdırılması. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi, Nəzəri və Tətbiqi Mexanika № 3-4. Bakı, 2017, s. 56-61.

11. Alıyev Ş.Ş. Qruntla dinamik əlaqədə olan, qabırğalarla gücləndirilmiş, anizotrop silindrik qabığın parametrlərinin optimallaşdırılması. “Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin yaranmasının 100 illiyinə həsr olunmuş professor-müəllim heyətinin, doktorantların və gənc tədqiqatçıların beynəlxalq elmi konfransı”, AzMIU, Bakı şəhəri, 26-28 aprel 2018. səh.20.

[2,3,4,5] nömrəli, məqalələrində həmmüəlliflər məsələlərin qoyuluşunda və alınmış nəticələrin müzakirəsində iştirak etmişdirlər. Məsələlərin həlli müəllifə məxsusdur.

**ШАКИР ШУКЮР ОГЛЫ АЛЫЕВ**

**КОЛЕБАНИЯ ПОДКРЕПЛЕННЫЙ АНИЗОТРОПНОЙ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИМ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СО СРЕДОЙ**

**РЕЗЮМЕ**

Представленная диссертационная работа посвящена задачам колебаний ортотропной, подкрепленной цилиндрической оболочки, контактирующих с грунтом или жидкостью. Рассмотрены три варианта креплений: 1) с регулярно распределенными продольными стержнями; 2) с регулярно распределенными кольцевыми стержнями; 3) с регулярно распределенными продольными и кольцевыми стержнями. Из условий минимизации полной энергии системы получены уравнения для определения собственных частот колебаний исследуемой системы. Влияния грунта на процесс колебаний ортотропной, подкрепленной цилиндрической оболочки исследованы в двух случаях: а) влияниями инерционных действий грунта на процесс колебаний можно пренебрегать; б) влияния инерционных свойств грунта на процесс колебаний существенно. Полученные частотные уравнение реализованы численно. Построены различные кривые зависимости собственной частоты от различных физических и геометрических параметров рассмотренной системы. Решена задача выбора оптимального варианта подкреплений рассмотренной конструкции.

**SH.SH.ALIYEV**

**CONVULSION REINFORCED TO ANISOTROPIC  
CLYNDRICAL SHELL UNDER THE DYNAMIC  
INTERACTION WITH THE ENVIROME**

**S U M M A R Y**

Presented dissertation work is dedicated to the problems of orthotropic convulsion reinforced by cylindrical shell contacted with soil or liquid. Considered three variant of reinforce; 1) with regularly distributed longitudinal rods: 2) with regularly distributed circular rods: 3) with regularly distributed longitudinal rods and with circular rods. From the condition of minimization of total energy system obtained equation for determining the natural frequencies of convulsions of the studied system. The effect of soil to the process of convulsion of orthotropic reinforced by cylindrical shell are investigated in two cases: a) by influences of inertial actions of soil in the process of convulsion can neglect; b) influence of inertial properties of the soil in the process of convulsion is significantly. Obtained frequency of equations realized numerically. Constructed different curves depending on its own frequency from different physical and geometrical parameters of considered systems. Solved the problem of choice of optimal variant of reinforcement of considered design.

Format 60x80 1/16

Tiraj 100

AMEA –nın mətbəəsində çap olunub







**МИНИСТЕРСТВО  
ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА**

---

*На провах рукописи*

**ШАКИР ШУКЮР ОГЛЫ АЛЫЕВ**

**КОЛЕБАНИЯ ПОДКРЕПЛЕННЫЙ АНИЗОТРОПНОЙ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИМ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СО СРЕДОЙ**

Специальность: 3305.02 – Строительная механика

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой  
степени доктора философии по технике

**БАКУ —2018**