

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERİSTETİ**

RİZVAN EYVAZ oğlu ŞÜKÜROV

**ORTOTROP ELASTİK-PLASTİK KONSTRUKSIYA
ELEMENTLƏRİNİN BAŞLANĞIC GƏRGİNLİKLƏRİ
NƏZƏRƏ ALINMAQLA DAYANIQLIQ MƏSƏLƏLƏRİ**

İxtisas: 2002.01 - Deformasiya olunan bərk cism mexanikası

**Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

AVTOREFERATI

Bakı – 2017

Dissertasiya işi **Azərbaycan Texnologiya Universitetində** yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
prof. **Vaqif C.Hacıyev**

Rəsmi opponentlər: Texnika elmləri doktoru,
prof. **Əsgər H.Tağızadə**

Fizika-riyaziyyat elmləri namizədi
dos. **Laura F.Fətullayeva**

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Memarlıq və İnşaat
Universiteti (“Riyaziyyat” kafedrası)

Dissertasiya işinin müdafiəsi 30 may 2017-ci il tarixində saat 14⁰⁰-da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD.02.016 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1148, Bakı şəhəri, Z.Xəlilov küçəsi 23, Bakı Dövlət Universiteti

Dissertasiya işi ilə Bakı Dövlət Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “25 aprel” 2017-ci il tarixində göndərilmişdir.

**FD.02.016 Dissertasiya
Şurasının elmi katibi**

dosent A.T.Əfəndiyeva

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı: Nazik divarlı mil lövhə və örtük tipli konstruksiya elementlərindən inşaat texnikasında, aviyaşiyada, gəmiqayırmada və s. başqa sahələrdə geniş istifadə edilir.

Lövhə və örtük kimi konstruksiya elementləri xüsusi ilə konstruksiyanın çəkisi əsas rol oynadığı hallarda böyük əhəmiyyət kəsb edir. Eyni zamanda nazik divarlı konstruksiyalar istehsal edildikdə rəşional qüvvə sxeminin seçilməsində ən əvvəl konstruksiyaların minimum səviyyədə möhkəmliyi və dayanıqlılığının təmin edilməsi məsələsi qarşıya çıxır.

Yüksək temperatur şəraitində işləyən konstruksiyalarda qeyri bircins təbəqə və örtüklərdən geniş istifadə olunur. Bu örtüklər sərtlik qabırğaları ilə möhkəmlən-dirilən, fiziki anizotrop örtüklər və bir neçə izotrop və ya anizotrop qatlara malik olan örtüklərdir.

Qeyid etmək lazımdır ki, hazırda müasir texnikanın bütün sahələrində, əsasən maşınqayırmada, gəmiqayırmada və inşaat texnikasında mövcud hesabat sxemlərini dəqiqləşdirməyi tələb edir. Burada əsasən konstruksiya elementlərinin dayanıqlılığa görə hesabladıqda qeyri mükəmməlliyi (formadiffektleri, yükün mərkəzdən xaric tətbiq olunması və s.) və başlanğıc (qalıq) gərginliklərin nəzərə alınmasıdır. Başlanğıc (qalıq) gərginliklərin yaranmasına səbəb aşağıdakılar ola bilər: konstruksiyanın ilkin elastik-plastik deformatsiyası (texnoloji işlənmə və s.) temperaturun periodik dəyişməsi, qaynaq və s.

Başlanğıc gərginliklərin paylanması və qiyməti konstruksiya elementlərinin təkcə hazırlanma prosesindən deyil, eyni zamanda həndəsi formasından da asılıdır. Buna görə də konstruksiya elementlərində olan başlanğıc gərginliklər qalımlıq kordinatının kəsilməz funksiyasıdır və ya orta səthin kordinatlarının funksiyasıdır yaxud da bütün kordinatlardan eyni zamanda asılı ola bilər.

Elastiki – plastiki dayanıqlılıq məsələsinin qoyuluşu plastiklik nəzəriyyəsindən dayanıqlılıq kriteriyasının seçilməsindən asılıdır.

Konstruksiyaların elastik-plastik elementlərinin gərgin – deformatsiya halında yüklənməsi onların tarixindən asılı olması xüsusiyyətidir. Gərginlik və deformatsiya tenzorlarının asılılığının təyin edilməsi plastiklik nəzəriyyəsinin əsas məsələsidir.

Deformatsiyalarda plastiklik nəzəriyyəsi və izotrop bərkiməklə plastik axıcılıq nəzəriyyəsi konstruksiya elementlərinin elastiki –

plastiki dayanıqlılıq məsələlərində geniş yayılmışdır. Ancaq bunlar dayanıqlılığın itirilməsi məqamında real hadisələri tamamlıqla əks etdirmir. Buna görə də materialın anizotrop xassələrini nəzərə alan hal tənliklərini elastiki – plastiki konstruksiya elementlərinin dayanıqlılıq məsələlərinin qoyuluşu və həlli deformatsiya olunan bərk cism mexanikasının vacib və aktual məsələlərindən biridir.

Dissertasiya işi başlanğıc gərginlikləri olan anizotrop elastik – plastik lövhələrin və örtüklərin dayanıqlılıq məsələlərinin tədqiqinə həsr olunub.

İşin məqsədi: Deformatsiyalarda plastiklik nəzəriyyəsi tipli hal tənliklərinin əsasında başlanğıc gərginlikləri nəzərə almaqla elastik – plastik anizotrop lövhələrin, örtüklərin və millərin dayanıqlılıq məsələlərinin qoyuluşu və həllindən ibarətdir.

Elmi yenilik aşağıdakılardan ibarətdir:

- başlanğıc gərginlikləri nəzərə almaqla elastik - plastik anizotrop lövhələrin və örtüklərin əsas asılılıqlarının və diferensial tənliklərinin alınması;
- elastik - plastik anizotrop dairəvi silindirik örtüklərin dayanıqlılıq məsələlərinin yerdəyişmələrdə qoyuluşu;
- başlanğıc gərginlikləri nəzərə almaqla ortotrop nazik divarlı millər üçün dayanıqlılığın müstəvi formada itməsi məsələsinin qoyuluşu;
- lövhələrin və örtüklərin konkret tətbiqi dayanıqlılıq məsələlərinin həlli və alınan nəticələrin analizi;

Nəticələrin etibarlılığı, qoyulmuş məsələlərin və təkliflərin alınan üsulların əsasını ümumi qəbul olunmuş prensiplərin təşkil etməsi ilə təyin edilir. Qoyulmuş məsələlərin həlli riyazi dəqiqliklə alınmışdır. Konkret məsələlərin nəticələri klassik nəzəriyyəsinin analoji məsələləri ilə müqayisə edilmişdir.

Nəticələrin praktiki əhəmiyyəti. Başlanğıc gərginlikləri və konstruksiyanın materialının həqiqi xassələrini nəzərə alındığına görə, dissertasiyada alınan yeni nəticələr konstruksiya elementlərindən praktikada daha qənaətli istifadə olunmasına imkan yaradır. Dissertasiya işində alınan nəticələrin əhəmiyyəti düstur və qrafiklər şəkilində təqdim edilmişdir və buna görə də onların möhkəmlik hesablarında birbaşa istifadəsinə imkan yaradır.

İşin aproboşiyası. Dissertasiya işinin nəticələri Azərbaycan Respublikası EA riyaziyyat və mexanika institutunun elastiklik nəzəriyyəsi və plastiklik şöbəsinin seminarlarında (1998 – 2014-cü illər), riyaziyyat

və mexanika üzrə I və II Respublika konfranslarında (1996, 1997-ci illər), Azərbaycan Texnologiya Universitetinin "Maşın, mexanizmlər nəzəriyyəsi və maşın hissələri" kafedrasının seminarlarında (1996-2014-cü illər), Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin abirant və gənc tədqiqatçıların 12 - ci respublika konfransında (Bakı-2008-ci il), gənc tədqiqatçıların I və II Beynəlxalq elmi konfranslarında (Bakı Qafqaz Universiteti (2013 – 2015 – ci illər) məruzə edilib.

Dissertasiya işi bütövlükdə Azərbaycan Texnologiya Universitetinin "MMN və Mh" müərizə edilmiş və müzakirə olunmuşdur.

Nəşr edilməsi. Dissertasiya işinin materialları üzürə 17 (on yeddi) ədəd elmi məqalə nəşr edilmişdir.

İşin quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, nəticədən və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işi 18 ədəd şəkil daxil olmaqla 128 səhifədən ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Dissertasiya işinin giriş hissəsində mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədinin formalaşdırılmış, alınmış nəticələrin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti eyni zamanda dissertasiyanın qısa annotasiyası (xülasəsi) verilmişdir.

Dissertasiya işinin birinci fəsilində respublikamızın və xarici ölkələrin tədqiqatçıların sadə və mürəkkəb yükləmələr üçün elastik - plastik dayanıqlıq məsələlərinə həsir olunmuş konstruksiya hissələrinin qalıq gərginliklərinin təsiri nəzərə alınmaqla dayanıqlığına həsir olunmuş elmi işlərinin qısa xülasəsi verilmişdir.

Dissertasiya işinin ikinci fəsili altı bölmədən ibarətdir və başlanğıc gərginlikləri olan ortotrop elastik - plastik lövhələrin dayanıqlıq məsələlərinə həsir edilmişdir.

2.1 bölməsində başlanğıc gərginlikləri olan sistemlərin elastiki – plastiki nəzəriyyəsinin ümumi anlayışları verilmişdir. Burada başlanğıc gərginliklərin yaranması və bəzi xüsusiyyətləri aydınlaşdırılır.

2.2 bölməsi düzbucaqlı lövhələr üçün dayanıqlıq məsələsinin qoyuluşuna və əsas tənliklər sisteminin alınmasına həsir edilib. Fərz edilir ki, ortotrop lövhə orta müstəvisinə tətbiq olunmuş, bərabər paylanmış qüvvələrin (T_{11} , T_{22} , T_{12}) təsiri altındadır və qalınlıq koordinatlarının funksiyası $f_i(z)$ olan, özünü tarazlayan başlanğıc gərginliklərə malikdir.

Hesab edilir ki, lövhələrin materialı sıxılmazdır və onun fiziki

xassələri plastiklik nəzəriyyəsinin deformasiyalar tipli vəziyyətin tənlikləri ilə xarakterizə edilir.

$$\sigma_x = \frac{E_c}{\alpha - \beta^2} (\alpha \varepsilon_x + \beta \varepsilon_y), \quad \sigma_y = \frac{E_c}{\alpha - \beta^2} (\varepsilon_y + \beta \varepsilon_x),$$

$$\sigma_{xy} = \frac{2E_c}{\gamma} \varepsilon_{xy} \quad (1)$$

Burada α , β , γ - materialın anizotropiya xarakteristikalarıdır (izotrop material üçün $\alpha = 1$, $\beta = 1/2$, $\gamma = 3$); $E_c = \sigma_u / \varepsilon_u$ - isə $\sigma_u = \Phi(\varepsilon_u)$ diaqramını kəsən modullardır; Gərginlik (σ_u) və deformasiya (ε_u) intensivlikləri aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$\sigma_u^2 = \sigma_{11}^2 + \alpha \sigma_{22}^2 - 2\beta \sigma_{11} \sigma_{22} + \gamma \sigma_{12}^2$$

$$\varepsilon_u^2 = \frac{1}{\alpha - \beta^2} \left(\alpha \varepsilon_{11}^2 + \varepsilon_{22}^2 + 2\beta \varepsilon_{11} \varepsilon_{22} + \frac{4(\alpha - \beta^2)}{\gamma} \varepsilon_{12}^2 \right) \quad (2)$$

Elastiki deformasiyalar və yükədən azad olma sahələrində $E_c = E$ qəbul edilmişdir. Elastiki və plastiki deformasiya sahələrinin səhrədində:

$$\sigma_u = \sigma_u^0 + 3G\varepsilon_u \quad (3)$$

$$\text{Burada } \sigma_u^0 = (f_1^2 + \alpha f_2^2 - 2\beta f_1 f_2 + \gamma f_3^2)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Lövhələrin böhranqabağı vəziyyəti (1) – (4) düsturlarının əsasında təyin edilir. Böhran vəziyyətin həyəcanlanma halında hər bir sahə üçün ayrılıqda gərginlik və deformasiyaların dəyişməsi arasındakı asılılıq təyin edilir. Kırılma – Lyava hipotezini nəzərə almaqla qüvvə və momentlərin dəyişməsi hesablanır. Ümumi şəkildə bütün əsas ifadələr, eyni zamanda əyinti və gərginlik funksiyalarına görə dayanıqlıq məsələsinin sistm tənlikləri alınmışdır.

2.3 bölməsində ortotrop düzbucaqlı lövhənin dayanıqlıq məsələsinin təqribi qoyuluşuna baxılmışdır (yəni A.A.İlyuşini məsələnin təqribi qoyuluşu). Burada fərz edilir ki, təsir edən xarici yük sabitdir. Buna görə də qəbul etmək olar ki, hər yerdə qüvvələrin dəyişməsi sıfıra bərabərdir (yəni $\delta T_x = \delta T_y = \delta T_{xy} = 0$). Bundan əlavə deformasiyanın birgəlik tənliyinin ödənməsi tələb olunmur.

Əyintiyə görə alınmış dayanıqlığın sonuncu tənlikləri aşağıdakı

şəkildə alınar.

$$A_1 \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + A_2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^3 \partial y} + A_3 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + A_4 \frac{\partial^4 W}{\partial x \partial y^3} + A_5 \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} + T_{11} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + T_{22} \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + 2T_{12} \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} = 0 \quad (5)$$

Burada A_i ($i = \overline{1,5}$) əmsalları böhrandan əvvəlki vəziyyətin parametrləri vasitəsi ilə təyin edilir və başlanğıc gərginliklərin paylanmasıdır.

2.4 bölməsində düzbucaqlı lövhələrin bir tərəfli sıxılmada dayanıqlığı tədqiq olunur. Əvvəlcə dayanıqlığın silindirik formada itməsi halına baxılır. Lövhənin kənarlarının oynaq bərkidilməsi halında

böhran qüvvənin təyini üçün əyintiləri $W = W_0 \sin \frac{m\pi x}{a}$ şəkilində götürsək, aşağıdakı tənliyi alarıq.

$$\sigma_1 = \sigma_1^y \cdot K(\sigma_1); \quad K(\sigma_1) = \frac{A_1}{D} \quad (6)$$

Burada σ_1^y - uyğun elastiki məsələ üçün böhran gərginlikləridir; D - baxılan lövhənin silindirik sərtliyidir. Başlanğıc gərginliklərin yayılmasını aşağıdakı kimi götürək.

$$\bar{\sigma}_{11}^0 = \lambda(3\bar{z} - \text{sign } z); \quad \bar{\sigma}_{22}^0 = \bar{\sigma}_{12}^0 = 0 \quad (7)$$

Xarakterik parametrlərin aşağıdakı qiymətləri üçün ədədi hesablar aparılmışdır $\lambda=0,90$; $\gamma=3$; a) $\alpha=1,2$; $\beta=0,50$.

б) $\alpha=1,4$; $\beta=0,50$

Ədədi hesablamaların nəticələri şəkil 1 - də göstərilmişdir. Burada başlanğıc gərginliklər nəzərə alınmadan məsələnin həlli qırx xəttlə göstərilmişdir.

Bu bölmədə sonra lövhənin dayanıqlığının ümumi şəkildə itməsi halı tədqiq edilmişdir. Əyintini aşağıdakı şəkildə təsvir edək.

$$W = W_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \cdot \sin \frac{n\pi y}{b} \quad (8)$$

Burada m və n lövhənin uyğun tərəflərinin boyu üzrə yarımdalğaların sayıdır. Böhran gərginliyi təyin etmək üçün aşağıdakı

tənliyi alarıq.

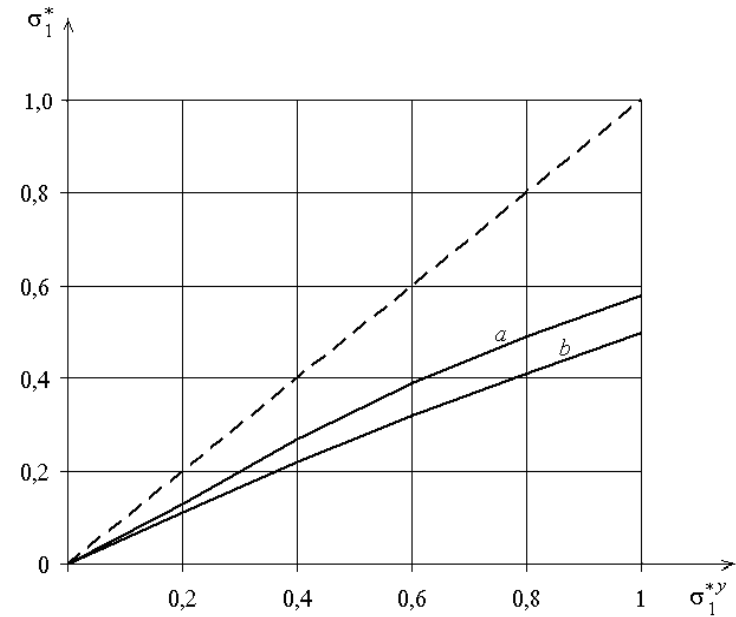
$$\sigma_1 = \sigma_1^y \cdot K(\sigma_1) \quad (9)$$

burada

$$\sigma_1^y = \frac{\pi^2 D}{b^2 h} \cdot \frac{[(m/\alpha)^2 + n^2]^2}{(m/\alpha)^2},$$

$$K(\sigma_1) = \frac{A_1^* (m/\alpha)^4 + A_3^* m^2 n^2 / \alpha^2 + A_5^* n^4}{[(m/\alpha)^2 + n^2]^2}$$

Başlanğıc gərginliklərin (7) şəkilində götürərək ədədi hesablamalar aparılmışdır.



Şəkil 1.

2.5 bölməsində başlanğıc gərginliklər nəzərə alınmaqla düzbucaqlı ortotrop lövhənin iki tərəfli sıxılmasında dayanıqlıq məsələsi tədqiq olunur. Bu halda (5) tənliyi aşağıdakı şəkildə olar.

$$A_1 \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + A_3 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + A_5 \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} + T_{11} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + T_{22} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = 0 \quad (10)$$

Lövhnin kənarları oynaq bərkidildiyi halda, (8) ifadəsini (10) –da nəzərə almaqla analogi olaraq aşağıdakı tənliyi alırıq.

$$\sigma_1 = \sigma_1^y \cdot K(\sigma_1, \sigma_1) \quad (11)$$

Burada aşağıdakı şəkildə əvəzləmələr aparılmışdır.

$$K(\sigma_1, \sigma_1) = \frac{A_1^* (m/\xi)^4 + A_3^* m^2 n^2 / \xi^2 + A_5^* n^4}{[(m/\xi)^2 + n^2]^2},$$

$$\sigma_1^y = \frac{\pi^2 D}{b^2 h} \cdot \frac{[(m/\xi)^2 + n^2]^2}{(m/\xi)^2 + \varphi n^2},$$

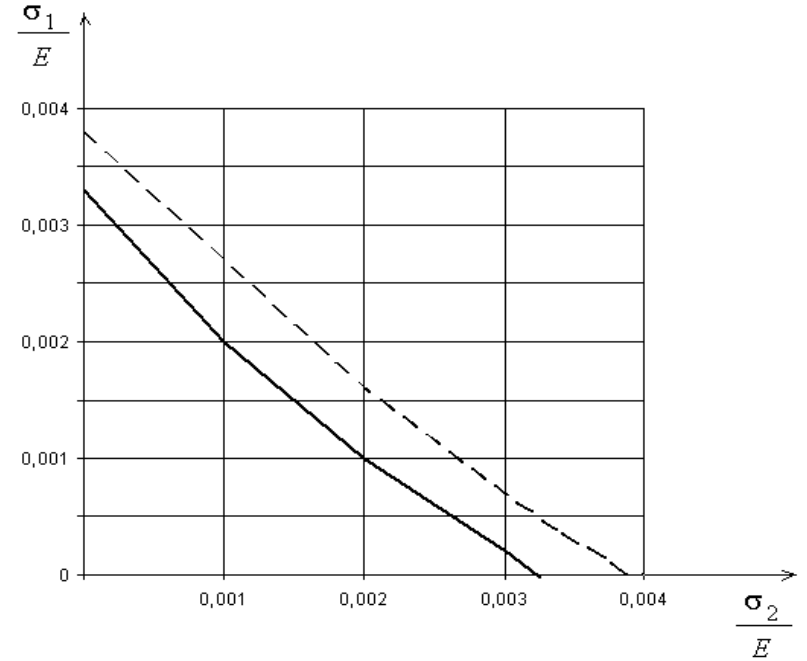
$$\xi = \frac{a}{b}, \quad \varphi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}, \quad A_1^* = \frac{A_c}{D}$$

Kvadrat lövhələrə başlanğıc gərginliklərinin ($\xi=1, m=n=1$) şəkilində paylandığı hal üçün ədədi hesablamalar aparılmışdır.

$$\sigma_{11}^0 = \frac{2\lambda \sigma_s}{\sqrt{3}} (3\bar{z} - \text{sign } z), \quad \sigma_{11}^0 = 2\sigma_{22}^0, \quad \sigma_{12}^0 = 0 \quad (12)$$

Aparılmış ədədi hesablamaların nəticələri şəkil 2-də göstərilmişdir. Burada başlanğıc gərginliklər nəzərə alınmadan məsələnin həlli qırıx xəttlə göstərilmişdir.

2.6 bölməsində ortotrop dairəvi lövhənin radial sıxılmada dayanıqlılığı tədqiq olunur. Burada ümumi şəkildə dayanıqlıq tənliyi alınmışdır. Bu tənliyə Bubnov – Qalyorkin metodunu tətbiq etməklə həll edilmişdir. Burada da konkret hal üçün ədədi hesablamalar aparılaraq xarakterik qrafik qurulmuşdur.



Şəkil.2.

Dissertasiya işinin üçüncü fəsili dörd bölmədən ibarətdir və başlanğıc gərginliklər nəzərə alınmaqla ortotrop elastiki - plastiki dairəvi silindirik örtüklərin dayanıqlıq məsələsinin qoyuluşuna və həllinə həsr edilmişdir.

3.1 bölməsində məsələnin klassik qoyuluşuna baxılmışdır. İkinci fəsildə alınmış ümumi ifadələrdən istifadə edirik. Burada əyinti və gərginlik funksiyalarına nəzərən örtüklər üçün dayanıqlıq tənlikləri sistemi alınmışdır.

3.2 bölməsində kombinasiyalı yükləmədə silindirik örtülərin dayanıqlığı tədqiq edilir. Fərz edilir ki, dairəvi silindirik örtüklər ortotrop elastiki-plastiki materialdan hazırlanmışdır, özünü tarazlayan başlanğıc gərginliklərə $\sigma_{ij}^0(z)$ ($i, j = 1, 2$) malikdir, ox boyu sıxıcı qüvvənin və bərabər yayılmış xarici təzyiğin (T_{11} və T_{22}) birgə təsiri altındadır. Bu halda dayanıqlıq sistemi aşağıdakı şəkildə alınır.

$$a_1 \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + a_2 \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + a_3 \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} + A_1 \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + A_2 \frac{\partial^2 W}{\partial x^2 \partial y^2} + A_3 \frac{\partial^2 W}{\partial y^4} + \frac{1}{R} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = 0$$

$$b_1 \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + b_2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + b_3 \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} - B_1 \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} - B_2 \frac{\partial^2 F}{\partial x^2 \partial y^2} - B_3 \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} - \frac{1}{R} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + T_{11} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + T_{22} \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0 \quad (13)$$

Burada a, A, b, B – əmsalları funksiyanın böhran vəziyyətinin göstəriciləri adlanır; F – gərginlik funksiyası, W – lövhənin orta səthi gərginliyidir. Fərz edilir ki, lövhə oynaqlı oturdulmuşdur. Onda əyinti və gərginlik funksiyası üçün aşağıdakı ifadəni qəbul edə bilərik.

$$W = f_0 \sin \frac{m\pi x}{L} \sin \frac{n y}{R}, \quad F = F_0 \sin \frac{m\pi x}{L} \sin \frac{n y}{R} \quad (14)$$

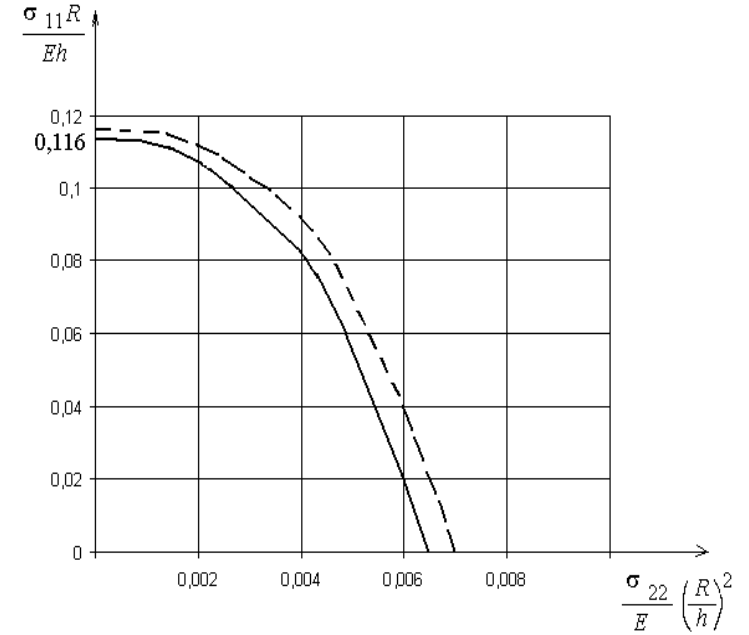
Burada m – kəsik istiqamətində yarım dalğaların sayıdır, n – bütün istiqamətlərdəki dalğaların sayıdır, L – uzunluq, R – örtüyün radiusudur. Əgər (13) - ifadəsini (14) - də nəzərə alıb, hesabladıqda böhran yükün kombinasiyasını təyin etmək üçün aşağıdakı tənliyi alırıq:

$$\varepsilon_s (\alpha - \beta^2) [\tilde{\sigma}_1 + \eta^2 \tilde{\sigma}_2] = \left(\frac{m\pi}{L}\right)^2 \left(b_1 - \frac{B_1 F_0}{f_0}\right) + \left(\frac{n}{R}\right)^2 \left(b_2 - \frac{B_2 F_0}{f_0}\right) + \eta^2 \left(\frac{n}{R}\right)^2 \left(b_3 - \frac{B_3 F_0}{f_0}\right) + \frac{1}{R} \frac{F_0}{f_0} \quad (15)$$

burada $\eta = \frac{nL}{m\pi R}$.

Başlanğıc gərgimliklərin (12) ifadəsi şəkilində paylandığı hal üçün ədədi hesablamalar aparılmış və dayanıqlılıq sərhədi təyin edilmişdir. Ədədi hesablamaların nəticələri şəkil 3 - də göstərilmişdir. Burada qırıq xəttlə analoji məsələnin başlanğıc gərginliklərin nəzərə alınmaması halında həlli qeyd edilmişdir.

3.3 bölməsində başlanğıc gərginlikləri nəzərə almaqla ortotrop materialdan hazırlanmış dairəvi silindirik örtüklərin dayanıqlıq məsələsinin yerdəyişmələrdə qoyuluşuna həsr edilmişdir. Ümumi halda bütün əsas ifadələr və yerdəyişmə vektorunun komponentlərinə nəzərən dayanıqlıq sistemi alınmışdır.



Şəkil 3.

3.4 bölməsində ox boyu sıxıcı qüvvənin və bərabər paylanmış xarici təzyiqin təsirinə məruz qalan dairəvi silindirik örtüklərin dayanıqlıq məsələsinin həlli verilmişdir. Örtüyün kənarlarının sərbəst oturulduğu halda dayanıqlıq sistemləri həll edilmişdir. Böhran yüklərin kombinasiyalarının təyini üçün xarakterik tənlik alınmışdır. Həmçinin bu bölmədə sıxılmış örtüyün dayanıqlığının itirilməsinin oxa simmetirik forması ətrafı tədqiq edilmişdir.

Başlanğıc gərginliklərin aşağıdakı şəkildə paylandığı hal üçün ədədi hesablamalar aparılmışdır.

$$\bar{\sigma}_{11}^0 = \begin{cases} a(1 - 4\bar{z}), & 0 \leq \bar{z} \leq 0,5 \\ a(1 + 4\bar{z}), & -0,5 \leq \bar{z} \leq 0 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_{22}^0 = \bar{\sigma}_{11}^0, \quad \bar{\sigma}_{12}^0 = 0$$

Dissertasiya işinin dördüncü fəsil nazikdivarlı millərin dayanıqlığının müstəvi formada itməsi halı tədqiq edilmişdir.

4.1 bölməsində ortotrop materialdan olan müxtəlif en kəsikli dairəvi millərin dayanıqlığının müstəvi formada itməsi məsələsinin qoyuluşu verilmişdir. Burada ilk dəfə ümumi şəkildə dayanıqlıq sisteminin bütün əsas ifadələri və böhran momenti təyin etmək üçün deformasiyalarda plastiklik nəzəriyyəsinin aşağıdakı şəkildə tənliyi alınmışdır.

$$M_{kp} = M_{kp}^y \sqrt{K_1 \cdot K_2} \quad (16)$$

Burada $M_{kp}^y = \frac{\pi}{L} \sqrt{B_0 C_0}$ - anoloji dayanıqlıq məsələsi üçün

böhran momentidir.

4.2 bölməsində en kəsiyi nazik qalınlıqlı düzbucaqlı olan milə baxılmışdır.

Konkret xarakterik göstəricilərə görə ədədi hesablamalar aparılmış, alınmış nəticələr qrafikdə göstərilmişdir.

4.3 bölməsində ortotrop elastiki-plastiki millərin başlanğıc gərginlikləri nəzərə alınmaqla dayanıqlığının müstəvi formada itməsi məsələsinin qoyuluşu verilmişdir. Başlanğıc gərginliklərinin

$\sigma_\theta = \sigma_s f\left(\frac{y}{h}\right)$ - şəkildə paylanması qoyulmuş şərt üçün

kifayətdir.

$$\max \left| f\left(\frac{y}{h}\right) \right| < \lambda, \quad \int_{-h}^h f\left(\frac{y}{h}\right) dy = 0, \quad \int_{-h}^h f\left(\frac{y}{h}\right) y dy = 0$$

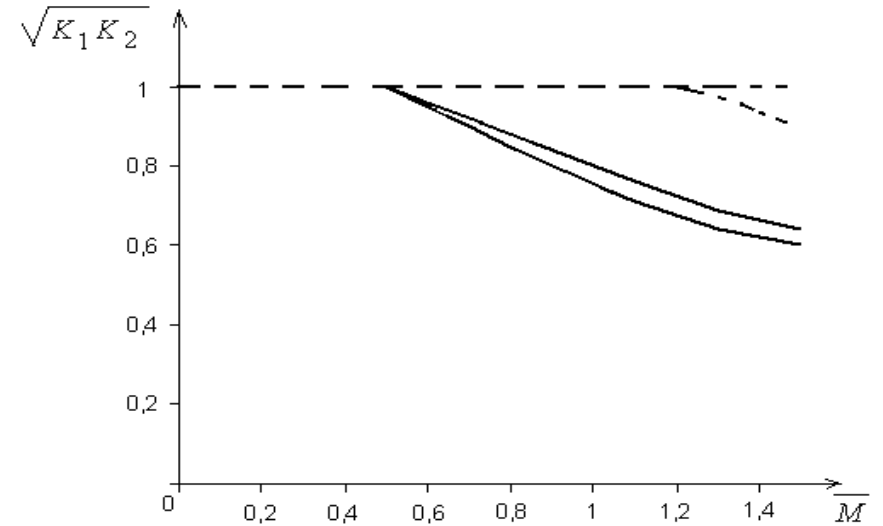
Dayanıqlıq tənliklər sisteminin **4.1** - bölməsindəki ifadəsinə uyğun olaraq

$$K_1 B_0 \frac{d^2 u}{dz^2} = \varphi M, \quad K_2 C_0 \frac{d\varphi}{dz} = -\frac{du}{dz} \cdot M \quad (17)$$

Kritik momenti təyin etmək üçün (17) sistemini həll etsək (16) – şəkildə tənlik alırıq. Başlanğıc gərginliklərin aşağıdakı şəkildə paylandığı hal üçün ədədi hesablamalar aparılmışdır

$$\sigma_0 = \begin{cases} \sigma_s \left(\frac{1,2y}{h} + 0,6 \right), & \text{при } -h \leq y \leq 0 \\ \sigma_s \left(-\frac{1,2y}{h} + 0,6 \right), & \text{при } 0 \leq y \leq h \end{cases}$$

$\lambda = 0,90$; $\frac{a}{n} = 0,5$; $\alpha = 1,2$; $\beta = 0,50$; $\gamma = 3$ olduqda hesabatın nəticələr şəkl. 4- də göstərilmişdir.



Şəkil 4.

Burada dayanıqlığı kiçik defarmasiyalar nəzəriyyəsinə əsasən başlanğıc gərginliklərin nəzərə alınmadığıda məsələnin həlli qeyd edilmişdir. Taxılan halda kiçik defarmasiyada nəzəriyyəsinə əsasən başlanğıc gərginliklər nəzərə alınmaqla 1 və 2 əyri xətlərlə göstərilmişdir.

Disertasiyanın sonunda əsas nəticələrə gətirilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. İlk dəfə olaraq ortotrop elastik – plastik lövhə və örtüklərin başlanğıc gərginlikləri nəzərə alınmaqla dayanaqlılıq məsələsi qoyulmuşdur.
2. Ortotrop elastik – plastik materialdan hazırlanmış düzbucaqlı lövhələrin kombinasiyalı yükləmədə və birtərəfli sıxılmada dayanıqlılıq məsələləri tədqiq edilmiş və kritik qüvvəni təyin etmək üçün düstur alınmışdır.
3. Ortotrop elastik – plastik materialdan hazırlanmış dairəvi lövhənin radial istiqamətdə sıxılmasında dayanıqlılıq məsələləri tədqiq edilmiş və kritik qüvvəni təyin etmək üçün düstur alınmışdır.
4. Ortotrop elastik – plastik materialdan hazırlanmış dairəvi silindirik örtüklərin kombinasiyalı yükləmədə və yerdəyişmələrdə dayanıqlılığı tədqiq edilmiş və kritik qüvvəni təyin etmək üçün düstur alınmışdır.
5. Ortotrop elastik–plastik millərin dayanıqlılığının müstəvi formada itməsi məsələsi qoyulmuş və hal tənliklərindən istifadə edilməklə həll edilmişdir.
6. Başlanğıc gərginliklər nəzərə alınmaqla ortotrop elastik – plastik millərin müstəvi formada dayanıqlılığının itməsi məsələsi qoyulmuş və həll edilmişdir.
7. Alınmış nəticələrin ədədi qiymətlərini analiz etdikdə görünür ki, ortotrop materialdan hazırlanmış konstruksiya elementlər i üçün kritik gərginlik əvvəlki əvvəlki hesabatdan 15 – 20 % dəqiqliklə alınır.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı elmi məqalələrdə dərc olunmuşdur.

1. Исаев Ф.К., Шукуров Р.Е. Устойчивость упругопластических анизотропных пластинок при двустороннем сжатии с учетом начальных напряжений. // Ученые записки, Аз ИСУ, №1, 1996.
2. Исаев Ф.К., Шукуров Р.Е. Устойчивость ортотропных упругопластических пластинок с учетом начальных напряжений. // Изв. АН Азербайджана, серия ФТМН, 1996, №13.
3. Шукуров Р.Е. Об устойчивости ортотропных упругопластических пластин и оболочек с учетом начальных напряжений. / Материалы конференции, посвященной 15-ти летнюю Аз ТИ, Гянджа, 1996.

4. Исаев Ф.К., Шукуров Р.Е. Об устойчивости ортотропных упругопластических оболочек с учетом начальных напряжений. // Сборник научных трудов по механике, №7, Аз ИСУ, Баку, 1997.
5. Шукуров Р.Е. Об устойчивости ортотропных упругопластических пластинок с учетом начальных напряжений. // Труды Аз ИСУ по механике, №7, 1997.
6. Шукуров Р.Е. Об устойчивости ортотропных упругопластических пластинок с учетом начальных напряжений при комбинированном нагруженной.// Ден. В АзНИИТИ, 1997.
7. Шукуров Р.Е. Об устойчивости упругопластических ортотропных пластинок с учетом остаточных напряжений.// Ден. В АзНИИТИ, 1997.
8. Исаев Ф.К., Касумов А.К., Шукуров Р.Е.. Плоская форма потери устойчивости ортотропных упругопластических стержней.// Азербайжан İnşaat Mühəndisləri Universiteti., Elmi əsərlər №2, Bakı, 1997.
9. Исаев Ф.К., Шукуров Р.Е. О плоской форме потери устойчивости ортотропных стержней. // Аз. АСУ Сборник научных трудов по механике, №10, Баку, 2000.
10. Başlanğıc gərginliyi olan çubuqların müstəvi şəkilində dayanıqlılığının itməsi haqqında. / Az. RTN Bakı Dövlət Univeristetü. Çağ Öyrətüm İşləmələri Qafqaz Universiteti Elm və təhsildə inovasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tətbiqi. Beynəlxalq konfrans. Tezislər. Bakı. 2004.
11. Şükürov R.E. Başlanğıc gərginliyi olan nazikdivarlı çubuqların dayanıqlılığı haqda. / Aspirantların və gənc tədqiqatçıların 12-ci respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 2008, s. 82.
12. Шукуров Р.Е. Плоская форма потери устойчивости стержня при изгибе. // Журнал Теоретическая и прикладная механика. №1, 2012, с. 95-99.
13. Шукуров Р.Е. Устойчивость плоской формы изгиба упругопластического стержня с учетом начальных напряжений. // Журнал Естественные и Технические науки. №3, (59), ISSN 1684-2626. Отпечатано в ООО. Издательство «Спутник» Москва, 2013.
14. Шукуров Р.Е. Определение критических нагрузок ортотропных упруго-пластических элементов. / Texnoloji innovasiyalar və elmi-texniki tərəqqi mövzusunda Respublika elmi-praktiki konfrans.

- sı. Gəncə, 2013.
15. Şükürov R.E. Başlanğıc gərginliyi olan ortotrop elastik –plastik dairəvi lövhələrin dayanıqlığı. / Gənc tədqiqatçıların 1-ci Beynəlxalq elmi konfransı. Qafqaz Universiteti, Bakı, 2013, s. 375-376.
 16. Hacıyev V.C., Şükürov R. E. Ortotrop elastik – plastik çubuqların əyilmədə dayanıqlığının müstəvi formada itməsi. / Gənc tədqiqatçıların 3-cü Beynəlxalq elmi konfransı. Qafqaz Universiteti, Bakı, 2015.
 17. R.E.Шукуров Устойчивость ортотропный упругопластической круговой пластинки с учетом начальных напряжений. // Xəbərlər məcmuəsi. Gəncə, 2017.

Р.Е.Шукуров

Задачи устойчивости ортотропных упругопластических элементов конструкций с учетом начальных напряжений

Резюме

Диссертационная работа посвящена исследованию вопросов устойчивости ортотропных упругопластических тонкостенных стержней, пластин и оболочек, имеющие начальные напряжения. В постановке задачи предполагается, что начальные напряжения являются непрерывными функциями толщины и используются соответствующие уравнения пластических деформаций. В общем виде получены необходимые основные физические соотношения и уравнения равновесия.

Здесь также рассмотрена приближенная поставка задачи. Исследованы задачи устойчивости и получены уравнения для определения критических сил при одностороннем и двустороннем сжатии прямоугольных пластин и при радиальном сжатии крупных пластин.

Также решены аналогичные задачи для крупных цилиндрических оболочек.

Здесь также даны поставка задачи для круглых цилиндрических оболочек в деформациях и получено решение конкретной задачи.

Также поставлена и решена задача потери устойчивости в плоской форме для тонкостенных стержней, имеющих начальные напряжения.

Приведены вычисления и определены критические параметры для различных начальных функций напряжений.

R.E.Shukurov

**Sustainability Problems in the Orthotropic Elastic-Plastic
Construction Elements Considering Inceptor Tensions**

Summary

The dissertation is dedicated to the thin-walled mite prepared from elastic-plastic orthotropic material being inceptor tension, board and covers sustainability problems. By stating the problem it is assumed that inceptor tensions are continuous functions of the density, coordination and the equations are used appropriately to the deformational plasticity theory. All necessary main physical and equilibrium equations are obtained on generally

Here the stated problem is also reviewed roughly.

Sustainability problems in squeezing unilateral and bilateral squeezing of the rectangular canvas, and in radial compression of the round canvas, and in radial compression of the round canvas have been analyzed, and formulas are obtained to set critical powers.

Analogical problems in round cylindrical covers (roofs) have been settled. Here it is also given the staging problems in displacement of the round cylindrical covers and specific solution of the problem have been gained.

The plane form disappearance of the problem of the thin-walled mite being inceptor tension has been stated and settled.

Calculations have been conducted for the various beginning tensions functions and critical parameters have been identified.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

РИЗВАН ЭЙВАЗ оглы ШУКУРОВ

**ЗАДАЧИ УСТОЙЧИВОСТИ ОРТОТРОПНЫХ
УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ
С УЧЕТОМ НАЧАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ**

2002.01- Механика деформируемого твердого тела

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по техническим наукам**

