

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

SƏNAN NİZAMİ OĞLU QARAİSAYEV

ÜÇLAYLI QEYRİ-BİRCİNS ORTOTROP LÖVHƏLƏRİN
ELASTİKİ ƏSAS ÜZƏRİNDƏ DAYANIQLIĞI VƏ RƏQSLƏRİ

3305.02 – “İnşaat mexanikası” ixtisası üzrə

texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

BAKI – 2014

İş Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: f.-r.e.d., prof. **F.Q. İsayev**

Rəsmi opponentlər: f.-r.e.d., prof. **F.S. Lətifov**

t. üzrə fə.l.d. **E.R. Dadaşov**

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

Dissertasiya işinin müdafiəsi “06” may 2014-cü il saat 12⁰⁰ -da Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən D 02.042 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az 1073, Bakı, A. Sultanova küç. 5, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, I-ci tədris korpusu, iclas salonu otaq 317.

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

Dissertasiya işinin avtoreferatına rəyi 2 (iki) nüsxədə təsdiq olunmuş imzalarla elmi katibin adına yuxarıda göstərilən ünvana göndərməyinizi xahiş edirik.

Avtoreferat “ ___ ” _____ 2014-cü il tarixində göndərilmişdir.

**D 02.042 Dissertasiya
Şurasının elmi katibi,**

f.-r. üzrə fə.l.d., dosent

A.M. İsayev

DİSSERTASIYANIN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Nazikdivarlı çubuq, lövhə və örtüklər kimi konstruksiya elementləri müasir texnikanın bir çox sahələrində, sənaye və mülki tikintidə, maşınqayırmada, gəmiqayırmada, cihazqayırmada və s. kimi sahələrdə geniş tətbiq olunur.

Lakin texnikanın inkişafı həmişə bu növ konstruksiyalara material sərfinin, maya dəyərinin aşağı salınması ilə möhkəmlik xarakteristikalarının artırılması tələblərini qoyur.

Son zamanlar bir çox süni və kompozit materialların istehsal olunması və onlardan müxtəlif konstruksiyaların hazırlanması ilə əlaqədar olaraq materiallara qənaət etmək məqsədi ilə nazikdivarlı konstruksiyalar çoxlaylı elementlər şəklində istehsal olunmağa başlanmışdır.

Praktikada ən çox istifadə olunan belə konstruksiyalar iki və üçlaylı çubuq, lövhə və qabıqlar şəklində olan elementlərdir. Belə konstruksiyalarda layların qalınlıqlarını və digər həndəsi xarakteristikalarını dəyişdirməklə elementin bütöv çəkisinin azalmasını və konstruksiyanın tələb olunan möhkəmlik xarakteristikalarını təmin etmək mümkün olur.

Konstruksiyaların möhkəm, dayanıqlı və optimal ölçülərə malik olması üçün onlarda yaranan böhran parametrlərinin təyin olunması ən vacib məsələlərdəndir. Digər tərəfdən onların müxtəlif mexaniki xassələrə malik olan əsaslar üzərində oturdulması, bərkidilməsi şərtləri də möhkəmlik, dayanıqlıq parametrlərinə təsir edən əsas amillərdəndir.

Təqdim olunan dissertasiya işi qeyri-bircins ortotrop materiallardan hazırlanmış, müxtəlif əsaslar üzərində oturdulmuş üçlaylı düzbucaqlı və dairəvi lövhələrin dayanıqlıq və rəqsləri məsələlərinin tədqiqinə həsr olunduğu üçün inşaat mexanikasının aktual problemlərindən birinin həllinə həsr olunmuşdur.

Dissertasiya işinin məqsədi. Dissertasiyada müxtəlif qeyri-bircins ortotrop elastik materiallardan hazırlanmış üçlaylı düzbucaqlı və dairəvi lövhələrin müxtəlif əsaslar üzərində oturdulması və bərkidilməsi hallarında dayanıqlığı və rəqsləri məsələlərinin həlli üsulları verilmişdir.

Dissertasiya işinin elmi yenilikləri. Dissertasiyada:

- müxtəlif qeyri-bircins ortotrop elastik materiallardan hazırlanmış üçlaylı düzbucaqlı və dairəvi lövhələrin dayanıqlıq məsələlərinin ümumi şəkildə qoyuluşu verilmiş və müxtəlif yükləmə halları üçün xüsusi məsələlər həll olunmuşdur;

- baxılan lövhələrin məxsusi rəqslərinin təyin edilməsi məsələləri

qoyulmuş və həll edilmişdir;

– müxtəlif qeyri-bircins ortotrop materiallardan hazırlanmış üçlaylı düzbucaqlı lövhələrin elastik əsas üzərində dayanıqlığı və rəqsləri məsələləri qoyulmuş və həllini tapmışdır.

Dissertasiya işində alınmış nəticələrin etibarlılığı məsələlərin ümumilikdə qoyuluşunda qəbul olunmuş məlum kriteriya və fərziyyələrdən istifadə olunmasına əsaslanır. Məsələlərin həllində inşaat mexanikasında və elastiklik nəzəriyyəsindəki sınılanmış riyazi üsullardan istifadə olunmuşdur.

Analitik nəticələrin etibarlılığını nümayiş etdirmək üçün çox sayda ədədi misallara baxılmış və onların xüsusi halı kimi alınmış nəticələr başqa müəlliflərin işləri ilə müqayisə edilmiş və onların kafi dəqiqliklə üst-üstə düşməsi müəyyən olunmuşdur.

Dissertasiya işində alınmış elmi nəticələrin praktiki əhəmiyyəti. Həllinə baxılan bütün məsələlərdə böhran parametrlərini təyin etmək üçün xüsusi analitik düsturlar əldə olunmuş və aparılmış hesablamaların nəticələrinə əsasən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.

Düstur və qrafiklər şəklində olan nəticələrdən praktikada, mühəndis hesablamalarında çox səmərəli istifadə oluna bilər.

İşin aprobasiyası. Dissertasiyanın əsas müddəaları Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin “Nəzəri mexanika” və “İnşaat-mexanikası” kafedralarının seminarlarında; AzMİU-nun Professor-Müəllim Heyətinin və Aspirantların Elmi Konfransında; “Nəqliyyat Problemləri, Yeni Texnologiyalar” Respublika Elmi-Praktiki konfransında (2009-cu il); “Proceedings of the International Symposium on Advanced in Applied Mechanics and Modern Information Technology” (2011-ci il); “Application of Information and Communication Technologies” (2011-ci il) beynəlxalq simpoziumunda məruzə edilmişdir.

İşin dərci. Dissertasiyanın mövzusu üzrə işin əsas məzmununu əks etdirən 13 elmi məqalə dərc olunmuşdur.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, əsas nəticələrdən və istifadə olunmuş elmi ədəbiyyatın siyahısından və əlavədən ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı, məqsədi və elmi yeniliyi

açıqları və onun fəsillər üzrə qısa xülasəsi verilir.

Birinci fəsildə bircins və qeyri-bircins materiallardan hazırlanmış konstruksiya elementlərinin dayanıqlığı və rəqsləri məsələlərinə həsr olunmuş elmi ədəbiyyatın qısa xülasəsi verilmişdir.

Burada eyni zamanda anizotrop qeyri-bircins cisimlərin elastiklik nəzəriyyəsinin bəzi fiziki asılılıqları verilmişdir.

İkinci fəsil altı paragrafdan ibarətdir və müxtəlif qeyri-bircins ortotrop materiallardan hazırlanmış üçlaylı lövhələrin dayanıqlığı məsələlərinə həsr olunmuşdur.

Birinci paragrafda məsələnin ümumi şəkildə qoyuluşuna baxılır. Burada fərz edilir ki, lövhənin layları müxtəlif qeyri-bircins elastik materiallardan hazırlanıb və layların elastik xarakteristikaları qalınlıq koordinatının kəsilməz funksiyalarıdır:

$$a_{ij}^k = \bar{a}_{ij}^k a_i^k(z), \quad i, j = 1, 2; \quad k = 1, 2, 3. \quad (1)$$

Kirxhoff fərziyyəsinin lövhənin bütün qalınlıq elementi üçün doğru olduğu qəbul edilərək, tələb olunan bütün əsas asılılıqlar və ümumiləşmiş sərtlik xarakteristikaları təyin edilmişdir. Ümumi halda əyinti və gərginlik funksiyalarına görə dayanıqlıq tənliklər sistemləri alınmışdır:

$$L(w, \phi) = 0, \quad (i = 1, 2). \quad (2)$$

Burada L -diferensial operatorlar; w -lövhənin orta müstəvisinin əyintisi, ϕ -isə gərginlik funksiyasıdır. Bu sistemlərə məsələnin sərhəd şərtləri əlavə olunduqda üçlaylı qeyri-bircins ortotrop lövhələrin dayanıqlıq məsələsinin ümumi şəkildə qoyuluşu alınır.

İkinci paragrafda müxtəlif qeyri-bircins ortotrop materiallardan hazırlanmış üçlaylı düzbucaqlı lövhələrin bir ox istiqamətində sıxılmada dayanıqlıq məsələsinə baxılır.

Dayanıqlıq tənliklər sistemi aşağıdakı şəkildə alınır:

$$\begin{aligned} & a_{22} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + (a_{12} + a_{21} + 2a_{33}) \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + a_{11} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + \\ & + b_{21} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + (b_{11} + b_{22} - 2b_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + b_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = 0, \quad (3) \\ & R_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + (R_{12} + R_{21} + 2R_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + R_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + r_{12} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + \end{aligned}$$

$$+(r_{11} + r_{22} - 2r_{33}) \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + r_{12} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + T_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0. \quad (4)$$

Bu tənliklərin əmsalları tədqiq olunan lövhənin ümumiləşmiş sərtlik xarakteristikalarıdır.

Burada lövhənin dayanıqlığının itməsinin iki halına baxılır:

a) Əvvəlcə lövhənin dayanıqlığının silindrik formada itməsi halına baxılır. Bu halda dayanıqlıq tənliklər sistemi əyintiyə görə bir tənliyə gətirilir və bu tənlik həll edilərək böhran qüvvəsi üçün aşağıdakı düstur alınır:

$$T_{11}^{kr} = (\pi/a)^2 (R_{11} - r_{12} b_{21}/a_{22}). \quad (5)$$

Böhran parametrlərinin ədədi qiymətlərini təyin etmək üçün (1)-dəki $\alpha_i^k(z)$ funksiyalarının dəqiq ifadələrini bilmək lazımdır. Bu funksiyalar üçün aşağıdakı ifadələr qəbul edilmişdir:

$$\alpha_1^1(z) = 1 + \mu_1 z/h_1, \quad \alpha_1(z) = 1 + \mu z/h, \quad \alpha_1^2(z) = 1 + \mu_2 z/h_2, \\ \alpha_3^1(z) = 1 + \mu_{31} z/h_1, \quad \alpha_3(z) = 1 + \mu_3 z/h, \quad \alpha_3^2(z) = 1 + \mu_{32} z/h_2. \quad (6)$$

Parametrlərin müxtəlif qiymətləri üçün hesablamalar aparılmış və nəticələr şəkil 1-də göstərilmişdir.

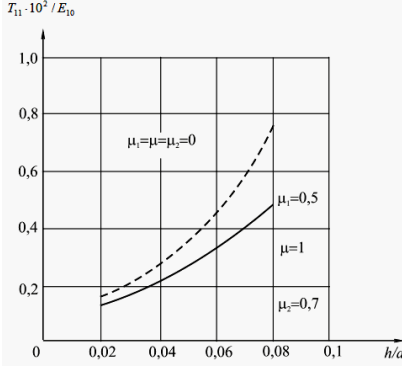
b) İkinci halda isə lövhənin dayanıqlığının ümumi şəkildə itməsi tədqiq olunur. Bu zaman lövhənin kənarlarının oynaqla bərkidildiyi hal üçün (3), (4) dayanıqlıq tənliklər sisteminin həlli aşağıdakı şəkildə qəbul oluna bilər:

$$w = \sum w_{mn} \sin(m\pi x/a) \sin(n\pi y/b), \quad \phi = \sum \phi_{mn} \sin(m\pi x/a) \sin(n\pi y/b). \quad (7)$$

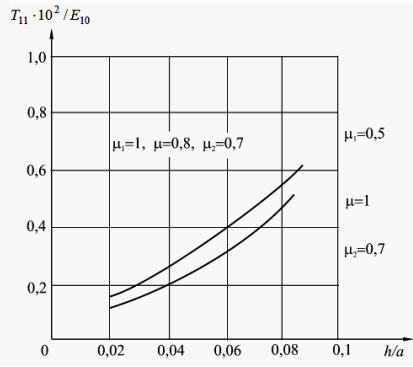
Burada a, b - lövhənin uyğun olaraq uzunluğu və eni, m, n isə uyğun istiqamətlərdə yarımdalğaların sayıdır. (7) ifadələrini (3) və (4) tənliklərində yerinə yazaraq bəzi çevirmələrdən sonra böhran qüvvəsini təyin etmək üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$T_{11} (m\pi/a)^2 = R_{11} (m\pi/a)^4 + (R_{12} + R_{21} + 2R_{33}) (m\pi/a)^2 (n\pi/b)^2 + \\ + R_{22} (n\pi/b)^4 - \gamma_{mn} \left[r_{12} (m\pi/a)^4 + r_{12} (n\pi/b)^4 + \right. \\ \left. + (r_{11} + r_{22} - 2r_{33}) (m\pi/a)^2 (n\pi/b)^2 \right] \quad (8)$$

Bu hal üçün də parametrlərin müxtəlif qiymətlərində hesablamalar aparılmış və nəticələr şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 1.



Şəkil 2.

Üçüncü paraqrafda qeyri-bircins ortotrop materiallardan hazırlanmış üçaylı düzbucaqlı lövhələrin bütün kontur boyu sürüşdürmə qüvvələrinin təsirindən dayanıqlıq məsələsinə baxılmış və son olaraq aşağıdakı tənliklər sistemi alınmışdır:

$$a_{22} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + (a_{12} + a_{21} + 2a_{33}) \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + a_{11} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + b_{21} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + (b_{11} + b_{22} - 2b_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + b_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = 0, \quad (9)$$

$$R_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + (R_{12} + R_{21} + 2R_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + R_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + r_{12} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + (r_{11} + r_{22} - 2r_{33}) \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + r_{21} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + 2T_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = 0. \quad (10)$$

Lövhənin kənarlarının oynaq bərkidildiyi halda, dayanıqlıq tənliyi Bubnov-Qalyorkin üsulu ilə həll edilərək böhran qüvvəsi üçün düstur alınır və müxtəlif variantlarda hesablamalar aparılır.

$$w = \sum w_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}, \quad \phi = \sum \phi_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}; \quad (11)$$

$$\int_0^a \int_0^b L \cdot \sin \frac{i\pi x}{a} \sin \frac{i\pi y}{b} dx dy = 0; \quad (12)$$

Burada L - ilə (10) tənliyinin sol tərəfi işarə edilmişdir.

$$\begin{aligned}
T_{12}^2 = & \left(\frac{9}{32}\right)^2 \left(\frac{\pi^8}{a^4}\right) \left\{ \frac{b}{a} \left[R_{11} - r_{12} \frac{b_{21} \left(\frac{\pi}{a}\right)^4 + (b_{11} + b_{22} - 2b_{33}) \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 + b_{12} \left(\frac{\pi}{b}\right)^4}{a_{22} \left(\frac{\pi}{a}\right)^4 + (a_{12} + a_{21} + 2a_{33}) \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 + a_{11} \left(\frac{\pi}{b}\right)^4} \right] + \right. \\
& + \frac{a}{b} \left[(R_{12} + R_{21} + 2R_{33}) - (r_{11} + r_{22} - 2r_{33}) \frac{b_{21} \left(\frac{\pi}{a}\right)^4 + (b_{11} + b_{22} - 2b_{33}) \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 + b_{12} \left(\frac{\pi}{b}\right)^4}{a_{22} \left(\frac{\pi}{a}\right)^4 + (a_{12} + a_{21} + 2a_{33}) \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 + a_{11} \left(\frac{\pi}{b}\right)^4} \right] \\
& \left. + \left(\frac{a}{b}\right)^3 \left[R_{22} - r_{21} \frac{b_{21} \left(\frac{\pi}{a}\right)^4 + (b_{11} + b_{22} - 2b_{33}) \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 + b_{12} \left(\frac{\pi}{b}\right)^4}{a_{22} \left(\frac{\pi}{a}\right)^4 + (a_{12} + a_{21} + 2a_{33}) \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 + a_{11} \left(\frac{\pi}{b}\right)^4} \right] \right\}^2. \quad (13)
\end{aligned}$$

Dördüncü paragrafda üçüncü paragrafda baxılan lövhənin sürüşdürmə qüvvələrinin və ox boyu sıxıcı qüvvələrdən dayanıqlıq məsələsi tədqiq edilir. Burada, lövhənin kənarlarının oynaqla bərkidildiyi halda dayanıqlıq tənliyi Bubnov-Qalyorkin üsulu ilə həll edilərək, dayanıqlıq sərhədini təyin etmək üçün xarakteristik tənlik alınmışdır. Yuxarıda qeyd olunan qeyri-bircinslilik halı üçün hesablamalar aparılaraq dayanıqlıq sərhədi təyin edilmişdir.

$$\begin{aligned}
& a_{22} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + (a_{12} + a_{21} + 2a_{33}) \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + a_{11} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + \\
& + b_{21} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + (b_{11} + b_{22} - 2b_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + b_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = 0, \quad (14)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& R_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + R_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + T_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2T_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + r_{12} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + r_{21} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + \\
& + (R_{12} + R_{21} + 2R_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + (r_{11} + r_{22} - 2r_{33}) \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} = 0. \quad (15)
\end{aligned}$$

$$\frac{32}{9} T_{12} + \frac{\pi^2}{4} \left(\frac{b}{a}\right) T_1 = \frac{\pi^4}{a^2} \left\{ \frac{b}{a} [R_{11} - \gamma_0 r_{21}] + \left(\frac{a}{b}\right)^3 [R_{22} - \gamma_0 r_{12}] + \right.$$

$$+ \frac{a}{b} [R_{12} + R_{21} + 2R_{33} - \gamma_0 (r_{11} + r_{22} - 2r_{33})] \}. \quad (16)$$

Beşinci paragrafda üçlaylı qeyri-bircins ortotrop düzbucaqlı lövhələrin iki istiqamətdə sıxılmada dayanıqlıq məsələsi tədqiq olunur.

$$a_{22} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + (a_{12} + a_{21} + 2a_{33}) \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + a_{11} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + b_{21} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + (b_{11} + b_{22} - 2b_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + b_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = 0, \quad (17)$$

$$R_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + (R_{12} + R_{21} + 2R_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + R_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + r_{12} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + (r_{11} + r_{22} - 2r_{33}) \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + r_{21} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + T_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + T_{22} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0. \quad (18)$$

Lövhənin kənarlarının oynaqla bərkidildiyi halda əyinti və gərginlik funksiyasını (19) şəklində qəbul edərək dayanıqlıq tənliklərində yerinə yazıb bəzi çevirmələrdən sonra böhran yüklərinin kombinasiyasını təyin etmək üçün (20) xarakteristik tənliyini alarıq:

$$w = \sum w_{mn} \sin(m\pi x/a) \sin(n\pi y/b), \phi = \sum \phi_{mn} \sin(m\pi x/a) \sin(n\pi y/b). \quad (19)$$

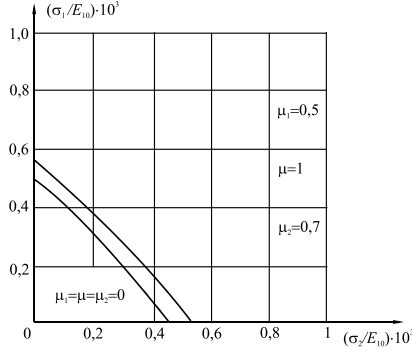
$$T_{11} (1 + \eta^2 \alpha) = (m\pi/a)^2 \{ R_{11} - D_{mn}^0 r_{12} + \eta^4 (R_{22} - D_{mn}^0 r_{21}) + \eta^2 [R_{12} + R_{21} + 2R_{33} - D_{mn}^0 (r_{11} + r_{22} - 2r_{33})] \}. \quad (20)$$

Burada aşağıdakı işarələmələr qəbul edilmişdir:

$$D_{mn}^0 = \frac{b_{21} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + (b_{11} + b_{22} - 2b_{33}) \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + b_{12} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4}{a_{22} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + (a_{12} + a_{21} + 2a_{33}) \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + a_{11} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4},$$

$$\eta = na/mb, \quad \alpha = T_{22}/T_{11}. \quad (21)$$

Parametrlərin müxtəlif qiymətlərində hesablamalar aparılmış və lövhənin dayanıqlıq sərhədi müəyyən olunmuşdur (şəkil 3).



Şəkil 3.

Altuncu paragrafda müxtəlif qeyri-bircins ortotrop materiallardan hazırlanmış üçqatlı dairəvi lövhələrin bütün konturu boyunca müntəzəm yayılmış radial sıxıcı qüvvələr təsirindən dayanıqlıq məsələsinə baxılır. Burada da məsələnin ümumi halda qoyuluşunda fərz edilir ki, Kirxhoff fərziyyəsi lövhənin bütün qalınlığı üçün doğrudur və materialların elastik xarakteristikaları qalınlıq koordinatının kəsilməz funksiyalarıdır.

$$E_r^i = E_r^i(z), \quad E_\theta^i = E_\theta^i(z), \quad G^i = G^i(z)$$

$$\varepsilon_r = e_r - z\chi_r, \quad \varepsilon_\theta = e_\theta - z\chi_\theta, \quad \varepsilon_{r\theta} = e_{r\theta} - z\chi_{r\theta}$$

Bu paragrafda da bütün əsas asılılıqlar və dayanıqlıq tənlikləri sistemi alınmışdır. Qeyri-bircinslik funksiyalarının qalınlıq koordinatlarının xətti funksiyaları olduğu hal üçün bütün sərtlik xarakteristikaları və dayanıqlıq tənliklər sistemi aşkar şəkildə alınmışdır.

$$\frac{\partial T_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{1}{r} (T_r - T_\theta) = 0, \quad (22)$$

$$\frac{\partial T_{r\theta}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_\theta}{\partial \theta} + \frac{2}{r} T_{r\theta} = 0, \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 M_r}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial^2 M_{r\theta}}{\partial r \partial \theta} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 M_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial M_r}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial M_\theta}{\partial r} + \\ + \frac{1}{r^2} \frac{\partial M_{r\theta}}{\partial \theta} + \sigma h \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \right) = 0. \end{aligned} \quad (24)$$

Xüsusi olaraq, məsələnin təqribi qoyuluşunda dayanıqlığın oxa

simmetrik formada itməsi halnda dayanıqlıq tənliyi bu şəkildə alınır:

$$A_{11} \frac{d^4 w}{dr^4} + (2A_{11} + A_{12} - A_{21}) \frac{1}{r} \frac{d^3 w}{dr^3} - \frac{A_{22}}{r^2} \frac{d^2 w}{dr^2} - \frac{A_{22}}{r^3} \frac{dw}{dr} + \sigma_r h \left(\frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dw}{dr} \right) = 0. \quad (25)$$

Lövhənin kənarlarının sərt bərkidildiği hal üçün alınmış dayanıqlıq tənliyi Bubnov-Qalyorkin üsulu ilə həll edilir.

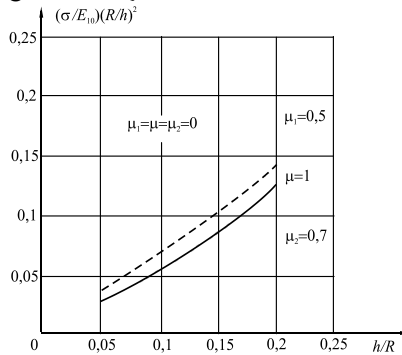
$$w = f \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)^2, \quad (26)$$

$$\int_0^R L \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)^2 r dr = 0, \quad (27)$$

Burada L - ilə (25) tənliyinin sol tərəfi işarə edilmişdir. (26), (27)-dən böhran qüvvəsi üçün alınır:

$$\sigma_r h = \frac{2}{R^2} (9A_{11} + 3A_{12} - 3A_{21} - A_{22}). \quad (28)$$

Parametrlərin müxtəlif qiymətlərində hesablamalar aparılmış və nəticələr şəkil 4-də göstərilmişdir:



Şəkil 4.

Üçüncü fəsil iki paragrafdan ibarətdir və qeyri-bircins ortotrop materiallardan hazırlanmış üçqatlı düzbucaqlı lövhələrin rəqsləri məsələlərinin tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Birinci paragrafda məsələnin ümumi şəkildə qoyuluşuna və lövhənin hərəkət tənliklərinin alınmasına baxılır. Burada da fərz edilir

ki, lövhənin layları müxtəlif qeyri-bircins ortotrop materiallardan hazırlanıb və materialların elastik xarakteristikaları qalınlıq koordinatının kəsilməz funksiyalarıdır. Kirxhoff fərziyyəsinin lövhənin bütün qalınlığı üçün doğru olduğu qəbul edilərək ümumi halda qüvvə və momentlərin ifadələri və lövhənin hərəkət tənlikləri alınmışdır. Bu ümumi tənliklərin köməyi ilə xüsusi məsələləri həll etmək çox çətin olur. Məhz bu səbəbdən məsələnin təqribi qoyuluşuna baxılır ki, onda məsələ nisbətən sadələşir və gərginlik funksiyasına və əyintiyə görə lövhənin hərəkət tənlikləri sistemi alınır.

$$D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + D_{13} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + D_{21} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + D_{23} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{22} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + T_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2T_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + T_{22} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{1}{g} (\gamma_1 h_1 + \gamma h + \gamma_2 h_2) \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0, \quad (29)$$

$$d_{11} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + d_{13} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + d_{12} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + d_{21} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + d_{23} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + d_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = 0 \quad (30)$$

İkinci paraqrafda üçlaylı lövhələrin məxsusi rəqsləri məsələsi tədqiq olunur ki, bu halda lövhənin rəqs tənlikləri sistemi nisbətən sadələşir. (30) olduğu kimi qalır (29) isə aşağıdakı şəkəldə düşür:

$$D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + D_{13} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + D_{21} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + D_{23} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{22} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} = -\frac{1}{g} (\gamma_1 h_1 + \gamma h + \gamma_2 h_2) \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \quad (31)$$

Lövhənin kənarları oynaqla bərkidildiyi halda əyinti və gərginlik funksiyası üçün aşağıdakı ifadələri qəbul edə bilərik:

$$w = \sum w_{mn} \sin(m\pi x/a) \sin(m\pi y/b) \cos \omega_{mn} t, \\ \phi = \sum \phi_{mn} \sin(m\pi x/a) \sin(m\pi y/b) \cos \omega_{mn} t. \quad (32)$$

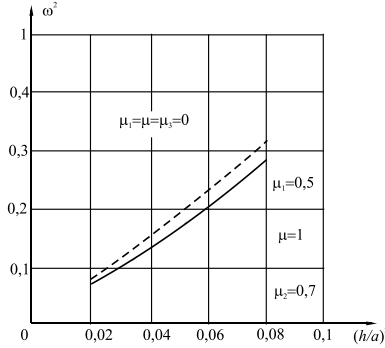
Burada m, n - uyğun istiqamətlərdə yarımdalğaların sayı, ω_{mn} isə lövhənin məxsusi rəqs tezliyidir.

(32) ifadələrini (30) və (31) tənliklərində nəzərə alıb lövhənin məxsusi rəqs tezliyini təyin etmək üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\omega_{mn} = \sqrt{\frac{g}{\gamma_1 h_1 + \gamma h + \gamma_2 h_2}} \times \left\{ D_0 \left[D_{21} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + D_{23} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + D_{22} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 \right] + \right.$$

$$+ d_{11} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + d_{13} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + d_{12} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 \left. \right\}^{1/2}. \quad (33)$$

Məsələnin həllində qəbul edilmiş qeyri-bircinslik halı üçün hesablamalar aparılaraq nəticələr şəkil 5-də göstərilmişdir.



Şəkil 5.

Dördüncü fəsil beş paraqraftan ibarətdir və qeyri-bircins ortotrop materiallardan hazırlanmış üçqatlı lövhənin elastik əsas üzərində dayanıqlığı və rəqsləri məsələlərinə həsr olunub.

Birinci paraqrafta məsələnin ümumi şəkildə qoyuluşundan bəhs edilir. Burada da ikinci fəsildə qəbul edilmiş əsas müddəalardan istifadə olunaraq ümumi halda dayanıqlıq tənlikləri sistemi alınmışdır. Məsələnin qoyuluşunda elastiki əsas üçün Vinkler modeli qəbul edilmişdir.

İkinci paraqrafta baxılan lövhənin elastiki əsas üzərində bir istiqamətdə sıxılmada dayanıqlıq məsələsi tədqiq olunur.

Dayanıqlıq tənlikləri sistemi aşağıdakı şəkildə alınır:

$$d'_{11} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + d'_{13} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + d'_{12} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + d'_{21} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + d'_{23} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + d'_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = 0,$$

$$D'_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + D'_{13} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D'_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + D'_{21} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + D'_{23} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} +$$

$$+ D'_{22} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + T_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + kw = 0. \quad (34)$$

Burada da dayanıqlığın itməsinin iki halı nəzərdən keçirilir:

a) Əvvəlcə dayanıqlığın silindrik formada itməsi halına baxılır və

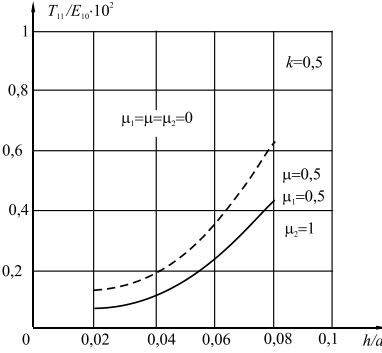
lövhnin kənarlarının oynaqla bərkidildiği hal üçün böhran qüvvəsi üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$T_{11} = \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 (1 - d_{21}D_{21}/d_{11}D_{11})D_{11} + k \left(\frac{a}{m\pi} \right). \quad (35)$$

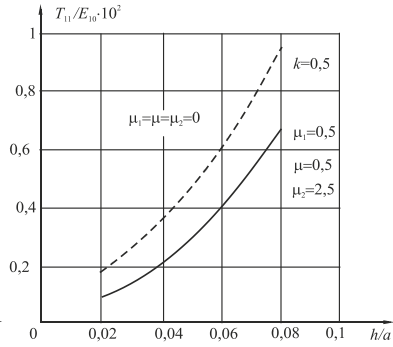
Müxtəlif ədədi qiymətlər üçün hesablamalar aparılaraq onların nəticələri şəkil 6-da göstərilmişdir.

b) Sonradan lövhnin dayanıqlığının ümumi formada itməsi halına baxılır və böhran qüvvəsi üçün (36) ifadəsi alınır. Hesablamaların nəticələri şəkil 7-də göstərilmişdir.

$$T_{11} = D'_{11} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 + D'_{13} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + D'_{12} \frac{(n\pi/b)^4}{(m\pi/a)^2} + k \left(\frac{a}{m\pi} \right)^2 - \frac{\gamma_{mn}}{(m\pi/a)^2} \left[D'_{21} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + D'_{23} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + D'_{22} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 \right]. \quad (36)$$



Şəkil 6.



Şəkil 7.

Üçüncü paragrafda lövhnin iki istiqamətdə sıxılmada dayanıqlıq məsələsi həll olunur.

$$d'_{11} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + d'_{13} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + d'_{12} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + d'_{21} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + d'_{23} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + d'_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = 0,$$

$$D'_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + D'_{13} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D'_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + D'_{21} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + D'_{23} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} +$$

$$+ D'_{22} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + T_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + T_{22} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + kw = 0. \quad (37)$$

Burada da böhran qüvvələrinin kombinasiyasını təyin etmək üçün müvafiq karakteristik tənlik alınmışdır.

$$T_{11} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 + T_{22} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 = D'_{11} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + D'_{13} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + D'_{12} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 - \gamma_{mn} \left[D'_{21} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + D'_{23} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + D'_{22} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 \right] + k. \quad (38)$$

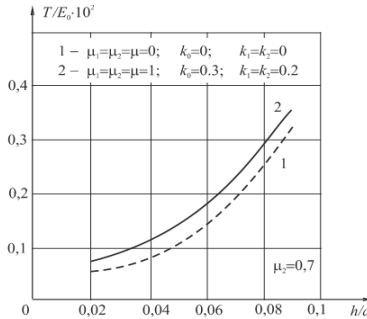
Dördüncü paraqrafda üçqaylı lövhələrin qeyri-bircins elastik əsas üzərində dayanıqlıq məsələsi təqdid edilir. Elastik əsas üçün qəbul olunan Vinkler modelində yataq əmsalının müstəvi koordinatlarının kəsilməz funksiyaları olduğu yəni, $K = K(x, y)$ fərz edilir. Dayanıqlıq tənliklər sistemləri Bubnov-Qalyorkin üsulu ilə həll olunur. Burada yataq əmsalı aşağıdakı kimi qəbul edilmişdir:

$$K(x, y) = K_0 + K_1(x/a) + K_2(y/b) \quad (39)$$

Bu halda böhran qüvvəsi üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

$$T_{11} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 = D'_{11} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + D'_{13} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + \left(K_0 + \frac{K_1 + K_2}{2} \right) + D'_{12} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 - \gamma_{mn} \left[D'_{21} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + D'_{23} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + D'_{22} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 \right]. \quad (40)$$

Bu paraqrafda da lövhənin iki istiqamətdə sıxılan halına baxılmış və müxtəlif hallar üçün hesablamalar aparılaraq şəkil 8-də göstərilmişdir.



Şəkil 8.

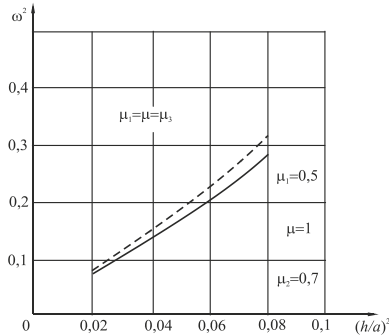
Bəşinci paragrafda üçlaylı lövhələrin elastik əsas üzərində rəqsləri məsələsi tədqiq edilir. Burada əvvəlcə ümumi halda yerdəyişmə komponentlərinə görə lövhənin hərəkət tənlikləri alınmış:

$$\begin{aligned} \bar{d}_{11} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + \bar{d}_{13} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + \bar{d}_{12} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + \bar{d}_{21} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \bar{d}_{23} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \bar{d}_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = 0, \\ \bar{D}_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \bar{D}_{13} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \bar{D}_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \bar{D}_{21} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + \bar{D}_{23} \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + \\ \bar{D}_{22} \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} + T_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + 2T_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \\ + T_{22} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + a_0 w = \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma h + \gamma_2 h_2}{g} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}. \end{aligned} \quad (41)$$

Lövhənin kənarlarının oynaqla bər-kidildiyi halında məsələ həll edilərək lövhənin məxsusi rəqs tezliyi üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır.

$$\begin{aligned} \omega_{mn} = \sqrt{\frac{g}{\gamma_1 h_1 + \gamma h + \gamma_2 h_2}} \times \left\{ \bar{D}_{11} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + \bar{D}_{13} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + \right. \\ \left. + \bar{D}_{12} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 + D_0 \left[\bar{D}_{21} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + \bar{D}_{23} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + \bar{D}_{22} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 \right] + a_0 \right\}^{1/2}. \end{aligned} \quad (42)$$

Məxsusi rəqs tezliyinin lövhənin həndəsi parametrləri ilə asılılığı qrafikdə (şəkil 9) göstərilmişdir.



Şəkil 9.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Ümumi halda müxtəlif qeyri-bircins ortotrop elastik materiallardan hazırlanmış üçlaylı düzbucaqlı lövhələrin dayanıqlıq məsələsinin riyazi qoyuluşu verilmiş və Kirxhoff fərziyyəsinin lövhənin bütün qalınlığı üçün doğru olduğu qəbul edilərək, bütün əsas asılılıqlar və dayanıqlıq tənlikləri sistemi alınmışdır.

2. Layların materiallarının elastik xarakteristikaları qalınlıq koordinatının kəsilməz funksiyaları olduğu halda praktiki əhəmiyyət kəsb edən aşağıdakı məsələlərin həlləri alınmışdır:

- üçlaylı düzbucaqlı lövhələrin bir və iki istiqamətdə sıxılmada dayanıqlığı;

- üçlaylı düzbucaqlı lövhələrin sürüşdürmə qüvvələrinin təsirindən dayanıqlığı;

- üçlaylı düzbucaqlı lövhələrin bir istiqamətdə sıxıcı və sürüşdürmə qüvvələrinin təsirindən dayanıqlığı.

3. Qeyri-bircins ortotrop elastik materiallardan hazırlanmış üçlaylı dairəvi lövhələr üçün ümumi şəkildə dayanıqlıq məsələsi qoyulmuş və lövhənin radial sıxıcı qüvvə təsirindən dayanıqlıq məsələsinin həlli alınmışdır.

4. Baxılan bütün dayanıqlıq məsələlərində böhran qüvvələri üçün xüsusi analitik düsturlar alınmış və qeyri-bircinslik funksiyalarının qalınlıq koordinatından xətti asılı olduğu hal üçün parametrlərin müxtəlif qiymətlərində hesablamalar aparılmış və xarakterik asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.

5. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop elastik düzbucaqlı lövhələrin rəqsləri məsələsinin dəqiq və təqribi qoyuluşlarında hərəkət tənlikləri sistemləri alınmışdır.

6. Üçlaylı düzbucaqlı lövhələrin məxsusi rəqsləri məsələsi həll edilmiş və məxsusi rəqs tezliyini təyin etmək üçün düstur alınmışdır.

7. Ümumi şəkildə elastik əsas üzərində ortotrop qeyri-bircins üçlaylı düzbucaqlı lövhələrin dayanıqlıq məsələlərinin qoyuluşu verilmiş və dayanıqlıq tənliklər sistemləri alınmışdır. Elastik əsas üçün Vinkler modeli qəbul edilərək müxtəlif dayanıqlıq məsələlərinin həlli alınmış və böhran parametrləri təyin edilmişdir. Baxılan məsələlər qeyri-bircins elastik əsas üçün də həll edilmişdir.

8. Qeyri-bircins ortotrop üçlaylı düzbucaqlı lövhələrin elastik əsas üzərində rəqsləri məsələsi tədqiq edilmişdir. Ümumi halda elastik əsas

üçün diferensial model qəbul edilmiş və lövhənin hərəkət tənlikləri alınmışdır.

9. Baxılan məsələlərdə fiziki və həndəsi parametrlərin müxtəlif qiymətləri üçün aparılmış hesablamaların nəticələri müvafiq qrafiklərdə göstərilmişdir.

Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı elmi məqalələrdə dərc olunmuşdur.

1. İsayev F.Q., Qaraisayev S.N. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop lövhələrin dayanıqlığı haqqında. “Nəzəri və Tətbiqi Mexanika”, №1, 2009, səh.32-37.

2. Qaraisayev S.N. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop lövhələrin elastiki əsas üzərində dayanıqlığı. Az.MİU-nun Elmi əsərləri, №1, 2009-cu il, səh.63-67.

3. Qaraisayev S.N. Üçlaylı düzbucaqlı ortotrop lövhələrin elastiki əsas üzərində birtərəfli sıxılda dayanıqlığı. “Nəqliyyat Problemləri, Yeni Texnologiyalar” mövzusunda Respublika elmi-praktiki konfransının materialları, Bakı, Az.TU, 16-17 aprel 2009-cu il, səh.174-177.

4. Гараисаев С.Н. Об устойчивости неоднородных ортотропных трехслойных пластинок при сжатии. Журнал “Аспирант и Соискатель”, г. Москва, №2(50), 2009, стр.78-83.

5. Qaraisayev S.N. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop lövhənin elastiki əsas üzərində iki tərəfli sıxılda dayanıqlığı haqqında. “Nəzəri və Tətbiqi Mexanika”, №3, 2009, səh.28-33.

6. Qaraisayev S.N. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop lövhənin elastiki əsas üzərində iki tərəfli sıxılda dayanıqlığı məsələsi. “Az.MİU-nun Professor-Müəllim Heyətinin və Aspirantların Elmi Konfransının” materialları, 28-29 yanvar 2010 il, səh.37-41.

7. İsayev F.Q., Qaraisayev S.N. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop lövhələrin sürüşdürmə qüvvələrinin təsirindən dayanıqlığı. “Nəzəri və Tətbiqi Mexanika”, №4, 2010, səh.19-23.

8. Qaraisayev S.N. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop lövhələrin qeyri-bircins elastiki əsas üzərində dayanıqlığı haqqında. “Nəzəri və Tətbiqi Mexanika”, №4, 2010, səh.30-34.

9. İsayev F.Q., Qaraisayev S.N. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop dairəvi lövhələrin dayanıqlığı haqqında. Journal of Qafqaz University. №33, 2011, səh.26-31.

10. İsayev F.Q., Qaraisayev S.N., Karimova B.E. The stability of the three layered non-homogeneous orthotropic elastic plates resting on the variable elastic foundation. "Tətbiqi Mexanika və Müasir İnformasiya Texnologiyalarının İnkişafı 2011" Beynəlxalq Simpoziumu (Proceedings of the International Symposium on Advanced in Applied Mechanics and Modern Information Technology), 22-23 September 2011, p.192-197.

11. İsayev F.Q., Qaraisayev S.N. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop lövhələrin məxsusi rəqsləri haqqında (The free vibration of the three layered non-homogeneous orthotropic plates). "Application of Information and Communication Technologies", 12-14 October 2011, p.334-337.

12. Qaraisayev S.N., Babayev Y.Ə. Üçlaylı qeyri-bircins ortotrop lövhələrin elastiki əsas üzərində məxsusi rəqsləri. Journal of Qafqaz University. №34, səh.32-35.

13. Гарайсаев С.Н. Об устойчивости трехслойных неоднородных ортотропных круглых пластинок. Журнал - Естественные и Технические науки. г. Москва, 2012. 6, стр.25-29.

/1/, /7/, /9/, /10/, /11/ və /12/ məqalələrində həmmüəlliflər məsələnin qoyuluşunda və alınmış nəticələrin müzakirəsində iştirak etmişlər.

С.Н. ГАРАЙСАЕВ
УСТОЙЧИВОСТЬ И КОЛЕБАНИЯ ТРЁХСЛОЙНЫХ
НЕОДНОРОДНЫХ ОРТОТРОПНЫХ ПЛАСТИН НА
УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Резюме

Представленная диссертационная работа посвящена задачам устойчивости и колебаний трёхслойных неоднородных пластин на упругом основании.

В общем виде для трёхслойных неоднородных ортотропных пластин заданы все упругие характеристики и принимается, что гипотеза Кирхгофа действительна для всей срединной плоскости пластины.

Упругие характеристики материала слоёв считается непрерывными функциями координаты толщины пластин.

В общем случае получены все основные соотношения и нелинейные уравнения устойчивости для случаев, когда трёхслойная пластина находится под действием равномерно сдвигающих усилий, а также сдвигающих усилий и осесимметричных сжимающих усилий.

Рассматривается устойчивость неоднородных прямоугольных пластин при сжатии в двух направлениях. Исследованы вопросы устойчивости для различных случаев закрепления краёв пластин.

В конечном итоге в случае жёсткого закрепления краёв пластин, уравнение устойчивости решено методом Бубнова-Галёркина и определено критическое усилие. Исследованы также вопросы устойчивости круглых трёхслойных пластин от действия равномерно сжимающих радиальных сил.

Рассматриваются вопросы колебания трёхслойных неоднородных прямоугольных пластин и получена формула для определения частоты колебания пластин.

Дана постановка и исследована задача устойчивости и колебания трёхслойной неоднородной пластины на упругом основании. Для упругого основания принята модель Винклера.

Во всех постановленных задачах найдены формулы, определяющие критические параметры и для различных видов неоднородностей приведены многочисленные расчеты.

S.N. GARAISAYEV
STABILITY AND VIBRATION OF THREE-LAYER NON-
HOMOGENEOUS PLATES ON ELASTIC FOUNDATION

Summary

This thesis is devoted to problems of stability and vibrations of three-layer non-homogeneous plates on elastic foundation.

In general, considered that for three-layered orthotropic non-homogeneous plates are given the entire elastic characteristic and it is assumed that the hypothesis of Kirchhoff is valid for the whole of the middle plane of plates.

The elastic properties of the material layers are considered continuous functions of the coordinates of the thickness of plates.

In generally terms, obtained all the basic relations and non-linear equations of stability for cases where the three-layer plates are subjected to a uniformly shearing forces and axially symmetric contraction forces.

Stability of non-homogeneous rectangular plates in compression in two directions. The issues of stability for different particular cases fixed edges of plates.

In finally, in case of the hard fixed end of edges plates, the stability equations have solid by the method of Bubnov-Galerkin and obtained formula for determining critical value for a force. Have also issues of stability circular plates from the action of radial uniformly compressive forces.

Formulated problem of vibration of three-layer non-homogeneous rectangular plates and obtained formula for determining amplitude-frequency of plates. For the elastic foundation model is adopted Winkler.

In all the problems have, founded formulae for the critical parameters and for the different types of non-homogeneity solved many problems for particular cases.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ АРХИТЕКТУРНО - СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

САНАН НИЗАМИ ОГЛЫ ГАРАЙСАЕВ

**УСТОЙЧИВОСТЬ И КОЛЕБАНИЯ ТРЁХСЛОЙНЫХ
НЕОДНОРОДНЫХ ОРТОТРОПНЫХ ПЛАСТИН НА
УПРУГОМ ОСНОВАНИИ**

3305.02 – “Строительная механика”

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертация на соискание ученой степени
доктора философии по техническим наукам

БАКУ - 2014