

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ

На правах рукописи

РАМИЗ АЗИЗ оглы ИСКЕНДЕРОВ

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ В
ВЯЗКОУПРУГОЙ СРЕДЕ**

2002.01 - Механика деформируемого твердого тела

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени

доктора наук по механике

Баки - 2014

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI

RİYAZİYYAT VƏ MEXANİKA İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

RAMİZ ƏZİZ OĞLU İSKƏNDƏROV

**ZƏDƏLƏNMƏLƏRİ NƏZƏRƏ ALINAN MÖHKƏMLƏNDİRİLMİŞ
KONSTRUKSIYA ELEMENTLƏRİNİN ÖZLÜ – ELASTİKİ MÜHİTDƏ
DAYANIQLIĞI**

2002.01 – Deformasiya olunan bərk cism mexanikası

mexanika üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi

almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

Bakı – 2014

Dissertasiya işi **Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin “Nəzəri və inşaat mexanikası” kafedrasında** yerinə yetirilmişdir.

Rəsmi opponətlər:

fizika – riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Vaqif C.Hacıyev

(AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutu)

texnika elmləri doktoru, prof.

Anatoliy P.Dzüba

(Olesya Qonçar adına Dnepropetrovsk

Milli Universiteti, Ukrayna)

fizika – riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Musa X.İlyasov

(Milli Aviasiya Akademiyası)

Aparıcı təşkilat:

Bakı Dövlət Universiteti

“Nəzəri mexanika və bütöv mühit mexanikası” kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi 04 aprel 2014 – cü il saat 14⁰⁰ – da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun nəzdində elmlər doktoru və fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün D 01.111 dissertasiya şurasının iclasında

keçiriləcəkdir.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Ünvan: AZ 1141, Bakı şəhəri, B.Vahabzadə küç., 9

Avtoreferat göndərilib 25 fevral 2014-cü il.

AMEA RMİ –nin D 01.11

**Dissertasiya şurasının emi katibi
Həsənova**

dosent

Tamilla

Работа выполнена на кафедре «Теоретическая и строительная механика» Азербайджанского Архитектурно Строительного Университета.

Официальные оппоненты:

доктор физико – математических наук, проф.

Вагиф

Дж.Гаджиев

(Институт Математики и Механики НАНА)

доктор технических наук, проф.

Анатолий П.Дзюба

(Днепропетровский Национальный Университет имени Олеся Гончара, Украина)

доктор физико – математических наук, проф.

Муса

Х.Ильясов

(Национальная Академия Авиации)

Ведущая организация:

Бакинский Государственный Университет

Кафедра «Теоретическая механика и механика сплошной среды»

Защита диссертации состоится 04 апреля 2014 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 01.111 по присуждению ученой степени доктора наук и доктора философии при Институте Математики и Механики Национальной Академии Наук Азербайджана.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Института Математики и Механики Национальной
Академии Наук Азербайджана.

Адрес: AZ 1141 г.Баку, ул. Б.Вагабзаде, 9.

Автореферат разослан 25 февраля 2014 года.

Ученый секретарь

Диссертационного Совета

Д 01.111 ИММ НАНА

доцент

Тамилла

Гасанова

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Müxtəlif səbəblər texnikada, sənaye sahələrində istifadə olunan silindrik formalı konstruksiyaları və ya konstruksiya elementlərini çubuqlar vasitəsi ilə möhkəmləndirməyə vadar edir. Konstruksiyaya ani tətbiq olunmuş qüvvənin təsirindən yaranan sıxıcı qüvvə ədədi qiymətə statik böhran qüvvəsindən böyük olub, monoton artan əyinti yarada bilir. Odur ki, baxılan məsələlərin həllində dinamik dayanıqlığın itirilməsi meyarının qəbulunun zərurəti meydana çıxır. Adi halda belə meyarlar başlanğıc sarpmaları olan qeyri-ideal sistem üçün verilir. Xarici mühitin təsirini nəzərə almaqla dinamik böhran qüvvəsinin tapılması üçün belə tipli məsələlərin həllinə baxılmamışdır.

Qeyd edək ki, konstruksiyaların çoxu iş şəraitində mühitlə təmasda olurlar.

Belə konstruksiyaların hesabı xarici mühitin təsirinin nəzərə alınmasını zəruri edir və məsələnin həlli kontakt məsələsinin həllinə gətirilir ki, bu da müəyyən çətinliklər ilə bağlıdır. Mühitin təsirini nəzərə almaq üçün xüsusi modellərdən istifadə edirlər. Belə modellərdən biri Pasternak modelidir.

Məlumdur ki, konstruksiyanın fiziki və riyazi modelini qurduqda onun istismar şəraitini nəzərə almaq lazımdır. Xarici mühit dempfr rolunu oynadıqda dinamik qüvvənin təsirindən konstruksiyada zədələr əmələ gəlir. Dinamik effektlərin nəzərə alınması tənliliklərin tipini dəyişir, odur ki, hesabat üçün xüsusi üsullar tətbiq etmək lazımdır. Belə xüsusi üsullardan biri variasiya üsuludur. Bu üsulun effektivliyi ondan ibarətdir ki, onun köməyi ilə örtük və çubuqların dinamik tənliliklərini almaq olar.

Konstruksiyanın optimal variantının seçilməsi probleminin həlli materialların xassələrinin tam nəzərə alınması, xarici mühitin təsirinin hesaba alınması vacib şərtlərdən biridir.

Beləliklə, statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqi və konstruksiyanın parametrlərinin rəsonant variantının seçilməsi aktual məsələdir.

İşin məqsədi. Statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının böhran vəziyyətinin xarakterizə edən parametrlərin tapılması. Bu məqsədlə statik və ya dinamik

yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqi üçün yeni fiziki və riyazi model qurulmuşdur.

Tədqiqat obyektı. Statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan örtük və çubuq kimi modelləşdirilən konstruksiya elementləridir.

Tədqiqatın predmeti statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının böhran vəziyyətinin xarakterizə edən parametrlərin tapılmasından ibarətdir.

Tədqiqat üsulu. Qoyulan predmetin həlli üçün statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığın tədqiq etməyə imkan verən variyasiya prinsipi yaradılmışdır.

Elmi yenilik. Aşağıda yeni nəticələr alınmışdır:

1. Statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqi üçün yeni fiziki və riyazi model qurulmuşdur;

2. Statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqi üçün yeni dinamik funksional qurulmuş və onun əsasında konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının böhran vəziyyətinin xarakterizə edən parametrlərin tapılmasıdır.

3. Pasternak modelinin köməyi ilə özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin rəqs prosesinə mühitin reoloji xassələrinin təsiri öyrənilmişdir.

4. Zədələnmələrin özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş konstruksiya elementlərinin rəqs prosesinə təsiri öyrənilmişdir.

5. Başlanğıc qabarmaların statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının böhran vəziyyətinin xarakterizə edən parametrlərə təsiri tədqiq olunmuşdur.

6. Başlanğıc əyintinin statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan,

özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının böhran vəziyyətinin xarakterizə edən parametrlərə təsiri tədqiq olunmuşdur.

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

Praktiki əhəmiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir:

- Rəqsi proseslərə cəlb olunan, qruntda yerləşən kəmərlərin dayanıqlığının böhran vəziyyətinin xarakterizə edən parametrlərin tapılmasından;
- Xarici mühitin rəqsi proseslərə cəlb olunan, qruntda yerləşən kəmərlərin dayanıqlığının böhran vəziyyətinin xarakterizə edən parametrlərə təsirinin öyrənilməsindən;
- Konstruksiya elementlərində yaranan zədələrin dayanıqlığının böhran vəziyyətinin xarakterizə edən parametrlərə təsirinin müəyyənləşdirilməsindən.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas elmi nəticələri mütəmadi olaraq AMEA RMİ-nin “Ekastiklik nəzəriyyəsi” şöbəsinin (2005), RMİ-nin seminarlarında (2005-2011), ATU-nun “Riyaziyyat” kafedrasının seminarlarında, RMİ-nin 50 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransda (2009), AzMİU-nun “Nəzəri mexanika” kafedrasının seminarlarında (1996-2011), BDU-nun “Nəzəri və bütöv mühit mexanikası” kafedrasının (2000-2011), “Kompozitlər mexanikasına” həsr olunmuş Beynəlxalq konfransda (Riqa, 2010), “Tətbiqi mexanikanın aktual problemləri və konstruksiyaların möhkəmliyi” mövzusunda həsr olunmuş I və II Beynəlxalq konfransda (Yalta, 2010,2011), akademik Zahid Xəlilovun anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransda (2011), “Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis” mövzusunda akademik İ.N.Musxəlişvilinin anadan olmasının 120 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransda (Tbilisi, 2011), AMEA-nın həqiqi üzvü. əməkdar elm xadimi, professor A.C.Hacıyevin 70 illik yubileyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə XIII Beynəlxalq konfransında (2007) müzakirə edilmiş və bəyənilmişdir.

Dissertasiyanın nəşri öz əksini elmi məqalədə tapmışdır.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi ümumi xarakteristikadan, girişdən, altı fəsildən, nəticədən və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından

ibarətdir. İşin ümumi həcmi səhifədən ibarət olmaqla özündə şəkli və adda ədəbiyyatı birləşdirir.

DİSSERTASIYANIN MƏZMUNU

Birinci fəsildə bölməsində mövzunun aktuallığı, tədqiqatın məqsədi, tədqiqat üsulları, elmi yeniliklər, alınmış nəticələr və onların praktiki əhəmiyyəti şərh edilmiş, dissertasiya işinin mövzusunə yaxın işlərin qısa xülasəsi verilmişdir.

İkinci fəsil dörd yarımfəsildən ibarət olub, çubuqlarla müxtəlif formada möhkəmləndirilmiş və mühitlə təmasda olan, statik yüklənmiş silindrik örtüyün Pasternak modelinin tətbiqi ilə dayanıqlıq məsələsinin qoyuluşu verilmiş və tədqiq olunmuşdur. Möhkəmləndirilmənin üç halına baxılmışdır: 1) silindrin doğuranı boyu yerləşdirilmiş çubuqlarla; 2) silindrin oxuna perpendikulyar müstəvidə yerləşən halqalarla; 3) ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən çubuqlarla. Bundan əlavə statik yükləməyə məruz qalan çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, mühitlə təmasda olan silindrik örtüyün dayanıqlıq xarakteristikalarına təsiri tədqiq olunmuşdur. Tədqiq olunan bütün hallarda konstruksiyanın böhran qüvvəsinin müxtəlif parametrlərdən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.

2.1 yarımfəsilində çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, oxu istiqamətində sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, bərk mühitlə doldurulmuş silindrik örtüyün böhran qüvvəsinin tapılması haqqında məsələnin qoyuluşu verilmişdir. Hesab olunur ki, örtüyün gərginlik-deformasiya vəziyyəti Kirhov-Lyav hipotezasına əsaslanan örtüklərin xətti nəzəriyyəsinin köməyi ilə təyin olunur. Çubuqların hesabında isə Kirhov-Klebs nəzəriyyəsindən istifadə olunur. Sistemin hərəkət tənlikləri və sərhəd şərtləri Ostrogradski-Hamiltonun variasiya prinsipindən istifadə edərək alınmışdır. Bunun üçün sistemin potensial və kinetik enerjilərini yazaq.

Silindrik örtüyün elastiki deformasiyasının potensial enerjisi aşağıdakı şəkildədir:

$$\begin{aligned} \Pi_0 = & \frac{Eh}{2(1-\nu^2)} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \left\{ \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{w}{R} \right)^2 - 2(1-\nu) \left[\frac{\partial u}{\partial x} \left(\frac{\partial g}{\partial y} - \frac{w}{R} \right) - \right. \right. \\ & \left. \left. - \frac{1}{4} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial g}{\partial x} \right)^2 \right] \right\} dx dy + \frac{Eh^3}{24(1-\nu^2)} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial g}{\partial y} \right)^2 - \right. \\ & \left. - 2(1-\nu) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial g}{\partial y} \right) - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{1}{R} \frac{\partial g}{\partial x} \right)^2 \right] \right\} dx dy \end{aligned} \quad (1)$$

$$\Pi_i = \frac{1}{2} \int_{x_1}^{x_2} \left[E_i F_i \left(\frac{\partial u_i}{\partial x} \right)^2 + E_i J_{yi} \left(\frac{\partial^2 w_i}{\partial x^2} \right)^2 + E_i J_{zi} \left(\frac{\partial^2 \vartheta_i}{\partial x^2} \right)^2 + G_i J_{kpi} \left(\frac{\partial \varphi_{kpi}}{\partial x} \right)^2 \right] dx$$

j-ci dairəvi və i-ci boyuna bərkidilmiş çubuqların potensial enerjiləri aşağıdakı şəkildədir:

$$\begin{aligned} \Pi_j = \frac{1}{2} \int_{y_1}^{y_2} \left[E_j F_j \left(\frac{\partial \vartheta_j}{\partial y} - \frac{w_j}{R} \right)^2 + E_j J_{sj} \left(\frac{\partial^2 w_j}{\partial x^2} + \frac{w_j}{R^2} \right)^2 + \right. \\ \left. + E_j J_{zj} \left(\frac{\partial^2 u_j}{\partial y^2} - \frac{\varphi_{kpi}}{R} \right)^2 + G_j J_{kpi} \left(\frac{\partial \varphi_{kpi}}{\partial y} + \frac{1}{R} \frac{\partial u_j}{\partial y} \right)^2 \right] dy \end{aligned} \quad (2)$$

Silindrik örtüyə tətbiq olunmuş xarici səthi və sərhəd qüvvələrinin potensial enerjisi bu qüvvələrin sistemi deformasiya vəziyyətindən deformasiya olunmayan vəziyyətə qaytarmaq üçün görülən iş bərabərdir:

$$\begin{aligned} A_0 = - \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} (q_x u + q_y \vartheta + q_z w) dx dy - \int_{y_1}^{y_2} (T_1 u + S_1 \vartheta + Q_1 w + M_1 \varphi_1) \Big|_{x=x_1}^{x=x_2} dy - \\ - \int_{x_1}^{x_2} (S_2 u + T_2 \vartheta + Q_2 w + M_2 \varphi_2) \Big|_{y=y_1}^{y=y_2} dx \end{aligned} \quad (3)$$

Eyni qayda ilə j-ci dairəvi və i-ci boyuna bərkidilmiş çubuqların tətbiq olunmuş sərhəd qüvvələrinin potensial enerjisi aşağıdakı şəkildədir:

$$\begin{aligned} A_i = - \left(T_i u_i + S_i \vartheta_i + Q_i w_i + M_i \varphi_i + M_{1i} \varphi_{zi} + M_{kpi} \varphi_{kpi} \right) \Big|_{x=x_1}^{x=x_2}, \\ A_j = - \left(S_j u_j + T_j \vartheta_j + Q_j w_j + M_j \varphi_j + M_{1j} \varphi_{zj} + M_{kpi} \varphi_{kpi} \right) \Big|_{y=y_1}^{y=y_2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Sistemin potensial enerjisi silindrik örtüyü və çubuqların elastiki deformasiyasının potensial enerjisi ilə xarici səthi və sərhəd qüvvələrinin potensial enerjilərinin cəminə bərabərdir:

$$\Pi = \Pi_0 + \sum_{i=1}^k \Pi_i + \sum_{j=1}^{k_1} \Pi_j + A_0 + \sum_{i=1}^k A_i + \sum_{j=1}^{k_1} A_j \quad (5)$$

Silindrik örtüyün və çubuqların kinetik enerjiləri aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$K_0 = \rho_0 h \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \right] dx dy \quad (6)$$

$$K_i = \rho_i F_i \int_{x_1}^{x_2} \left[\left(\frac{\partial u_i}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial \mathcal{G}_i}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial w_i}{\partial t} \right)^2 + \frac{J_{kpi}}{F_i} \left(\frac{\partial \varphi_{kpi}}{\partial t} \right)^2 \right] dx$$

$$K_j = \rho_j F_j \int_{y_1}^{y_2} \left[\left(\frac{\partial u_j}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial \mathcal{G}_j}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial w_j}{\partial t} \right)^2 + \frac{J_{kpi}}{F_j} \left(\frac{\partial \varphi_{kpi}}{\partial t} \right)^2 \right] dx$$

Burada t – zaman, ρ_0, ρ_i, ρ_j – uyğun olaraq, örtüyün, i -ci boyuna və j -ci dairəvi bərkidilmiş çubuqların sıxlıqlarıdır.

Möhkəmləndirilmiş silindrik örtüyün tam enerjisi:

$$K = K_0 + \sum_{i=1}^k K_i + \sum_{j=1}^{k_1} K_j \quad (7)$$

Ostrogradski-Hamilton təsirinin qərarlaşma şərtindən istifadə etməyə çubuqlarla möhkəmləndirilmiş örtüyün hərəkət tənliyini almaq olar:

$$\delta W = 0 \quad (8)$$

Burada $W = \int_{t_0}^{t_1} \tilde{L} dt$ Hamilton təsiri, $\tilde{L} = K - \Pi$ Laqranj funksiyasıdır.

Burada t_0 və t_1 - istənilən məlum zaman anlarıdır.

Hesab edəcəyik ki, çubuqlar silindrik örtüklə sərt bağlandığından, çubuqlarla silindrik örtük arasında radial əyintinin və burulma bucaqlarının bərabərlik şərtləri ödənilir:

$$u_i(x) = u(x, y_i) + h_i \varphi_1(x, y_i); \mathcal{G}_i(x) = \mathcal{G}(x, y_i) + h_i \varphi_2(x, y_i);$$

$$w_i(x) = w(x, y_i); \varphi_i = \varphi_1(x, y_i); \varphi_{kpi}(x) = \varphi_2(x, y_i); \quad (9)$$

$$u_j(y) = u(x_j, y) + h_j \varphi_1(x_j, y); \mathcal{G}_j(x) = \mathcal{G}(x_j, y) + h_j \varphi_2(x_j, y);$$

$$w_j(x) = w(x_j, y); \varphi_j = \varphi_2(x_j, y); \varphi_{kpi}(x) = \varphi_1(x_j, y);$$

Burada $h_i = 0,5h + H_i^1, h_j = 0,5h + H_j^1$, h – örtüyün qalınlığı, H_i^1 və H_j^1 – i -ci boyuna və j -ci dairəvi bərkidilmiş çubuqlardan örtüyün səthinə qədər olan məsafədir, φ_i, φ_{kpi} və φ_j, φ_{kpi} - çubuqların en kəsiklərinin dönmə və burulma bucaqlarıdır.

$\delta u, \delta \mathcal{G}, \delta w$ variasiyalarının ixtiyariliyindən istifadə etsək, sistemin hərəkət tənlikləri sistemini

$$L_x(u, \mathcal{G}, w) + q_x = 0; L_y(u, \mathcal{G}, w) + q_y = 0; L_z(u, \mathcal{G}, w) - q_z = 0 \quad (10)$$

və sərhəd şərtlərini alırıq:

örtüyün əyrixətli kəsiklərində, yəni $x = x_1$ və $x = x_2$ olduqda $\overline{T}_1 = \overline{T}_1$
və ya $u = \overline{u}$; $\overline{S}_1 = \overline{S}_1$ və ya $\mathcal{G} = \overline{\mathcal{G}}$; $\overline{Q}_1 = \overline{Q}_1$ və ya $w = \overline{w}$; $\overline{M}_1 = \overline{M}_1$ və ya
 $\varphi_1 = \overline{\varphi}_1$;

örtüyün düzxətli kəsiklərində, yəni $y = y_1$ və $y = y_2$ olduqda
 $\overline{S}_2 = \overline{S}_2$ və ya $u = \overline{u}$; $\overline{T}_2 = \overline{T}_2$ və ya $\mathcal{G} = \overline{\mathcal{G}}$; $\overline{Q}_2 = \overline{Q}_2$ və ya $w = \overline{w}$;
 $\overline{M}_2 = \overline{M}_2$ və ya $\varphi_2 = \overline{\varphi}_2$;

Lövhənin $x_1, y_1; x_1, y_2; x_2, y_1; x_2, y_2$ koordionatlı künc nöqtələrində
 $\overline{R} = \overline{R}$ və ya $w = \overline{w}$.

2.2 yarımfəslində boyuna çubuqlarla möhkəmləndirilmiş sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, mühitlə doldurulmuş silindirik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyinin təyini haqqında məsələ həll edilmişdir. Fərz olunur ki, özlü-elastiki mühit tərəfindən silindirik örtüyə təsir edən qüvvəni aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

a) Klassik dinamik Pasternak modeli:

$$q_z = k_c w - \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau) w(\tau) d\tau \quad (11)$$

b) Qeyri-klassik dinamik Pasternak modeli:

$$q_z = k_c (1 - \omega_0^2 \beta_0^2) w - \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau) w(\tau) d\tau \quad (12)$$

(11) və (12) ifadələrində Γ - relaksasiya nüvəsi, W - örtüyün əyintisi,

k_c - mütənasiblik əmsalı olub $k_c = \tilde{q} + \tilde{q}_0 \frac{d^2}{dx^2}$ bərabərliyi ilə təyin olunur,

burada \tilde{q}, \tilde{q}_0 - sabitlər, ω_0 - xarici qüvvənin dəyişmə tezliyidir, β_0 - sabitdir.

Hesab olunur ki, örtük kənarlardan oynaqlar vasitəsi ilə bərkidilmişdir, yəni
 $\xi = 0$ və $\xi = \xi_1$ kəsiklərində

$$\mathcal{G} = w = 0, T_1 = M_1 = 0$$

sərhəd şərtləri ödənilir.

Örtüyün orta səth nöqtələrinin yerdəyişmə vektorunun komponentlərini aşağıdakı şəkildə axtaraq:

$$\begin{aligned}
u &= \sum_{n=0}^{\infty} \left(u_n^{(1)} \cos n\theta + u_n^{(2)} \sin n\theta \right) \cos \frac{\pi m}{\xi_1} \xi, \\
g &= \sum_{n=0}^{\infty} \left(g_n^{(1)} \sin n\theta + g_n^{(2)} \cos n\theta \right) \sin \frac{\pi m}{\xi_1} \xi \\
w &= \sum_{n=0}^{\infty} \left(w_n^{(1)} \cos n\theta + w_n^{(2)} \sin n\theta \right) \sin \frac{\pi m}{\xi_1} \xi
\end{aligned} \quad (13)$$

Burada $m = 1, 2, \dots$, $u_n^{(1)}, g_n^{(1)}, w_n^{(1)}, u_n^{(2)}, g_n^{(2)}, w_n^{(2)}$ - naməlum sabitlərdir.

(13) həllərini (10)-da yerinə yazsaq, naməlum sabitlərə nəzərən bircins tənliklər sistemini alırıq. Alınan sisteminin sıfırdan fərqli həllinin varlığı üçün zəruri və kafi şərt onun baş determinantının sıfıra bərabər olmasıdır. Nəticədə, böhran qüvvəsinin tapılması sonsuz determinantın köklərinin tapılmasına gətirilir:

$$|\delta_{ij} + L_{mn}^{ij}| = 0 \quad (i, j = 1, 2, 3, 4; m = 1, 2, \dots; n = 1, 2, \dots, n_2 - 1), \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
1 + L_{mn}^{11} + L_{mn}^{33} + L_{mn}^{11} L_{mn}^{33} - L_{mn}^{13} L_{mn}^{31} &= 0 \\
(n = 0, \frac{k}{2}; m = 1, 2, \dots); & \quad (15)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
1 + L_{mn}^{22} + L_{mn}^{44} + L_{mn}^{22} L_{mn}^{44} - L_{mn}^{24} L_{mn}^{42} &= 0 \\
(n = 0, \frac{k}{2}; m = 1, 2, \dots); & \quad (16)
\end{aligned}$$

Tədqiqatın nəticələri şəkl.1 və şəkl.2-də verilmişdir. Mühit və örtüyün parametrləri üçün aşağıdakı qiymətlər götürülmüşdür:

$$h^* = \frac{h}{R} = 0,25 \cdot 10^{-2}; \quad \xi_1 = 1; \quad \frac{F_c}{2\pi R h} = 0,1591 \cdot 10^{-1}; \quad \nu = 0,3; \quad \frac{I_{yc}}{2\pi R^3 h} = 0,8289 \cdot 10^{-6};$$

$$\frac{I_{zc}}{2\pi R^3 h} = 0,1326 \cdot 10^{-6}; \quad \frac{I_{kpc}}{2\pi R^3 h} = 0,5305 \cdot 10^{-6}; \quad h_c = 0,01375R; \quad G_c = \frac{E}{2(1+\nu)};$$

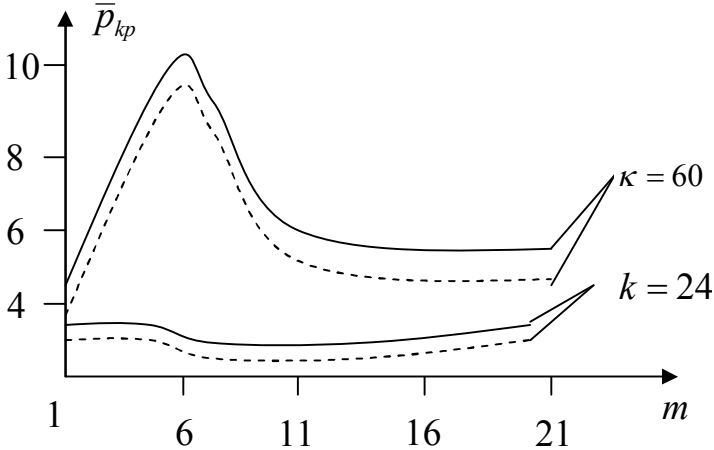
$$E_c = E = 6,67 \cdot 10^9 H / M^2, \quad \bar{q} / \bar{q}_0 = 3; \quad \bar{q}_0 / E = 0,002, \quad q = 10^5 H / M^2.$$

Şəkil 1-də (14)-(16) tənliklərinin minimal köklərini seçməklə $\bar{P}_{kp}(m) = \min(\bar{P}_{\min}) = \min(P_{\min} / P_0)$ parametrlərinin müxtəlif k - lar

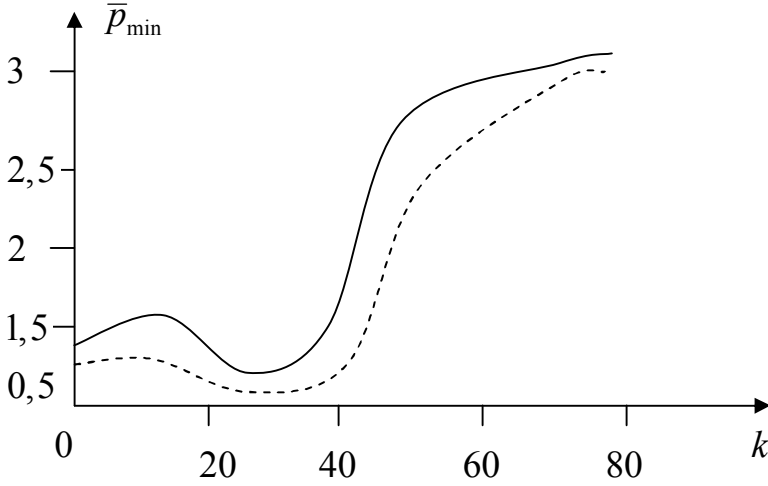
üçün asılılığı verilmişdir. Burada P_0 parametrinə möhkəmləndirilməmiş silindrik örtüyün böhran gərginliyi uyğundur. Şəkildən görüldüyü kimi

$(p_p)_{\min}$ və $(p_p)_{\min}'$ qiymətləri $m > 1$ olduqda p_0 -a yaxın olur. Qeyd edək ki, hesabat göstərir ki, qısa dalğalara da baxmaq vacibdir. Bu özünü şəkil 2-də daha qabarıq göstərir. Hər iki şəkildə bütöv xətlərə mühitin təsirini nəzərə alan böhran qüvvəsi, qırıq xətlərə isə mühitin təsirini nəzərə almayan böhran qüvvəsi uyğun gəlir. h_c qalınlığının \bar{p}_{kp} -ə təsirinin təhlili göstərir ki, böhran gərginli bu parametrdən zəif asılıdır. k -nın kiçik qiymətlərində çubuqların \bar{p}_{kp} -ə təsiri azdır, k -nın böyük qiymətlərində çubuqların toxunan müstəvidə əyilməsinə lövhənin müqaviməti artdığından I_{zc} -nin p_{kp} -ə təsiri azalır və bunun nəticəsində \bar{p}_{kp} qeyri monoton artır. Tədqiqatlar göstərir ki,

mühitin təsirinin nəzərə alınması böhran gərginliyinin artmasına səbəb olur.



Şəkil 1. Böhran qüvvəsinin m dalğa ədədindən asılılığı



Şək .2. Böhran qüvvəsinin boyuna çubuqların sayı k -dan asılılığı

2.3 yarımfəslində halqalarla möhkəmləndirilmiş sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, mühitlə doldurulmuş silindirik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyinin təyini haqqında məsələ həll edilmişdir. Böhran qüvvəsinin tapılması üçün transendent tənliklərdən ibarət iki sistem alınmışdır:

$$\begin{aligned} \gamma_{mn}^{(1)}\gamma_{mn}^{(4)} - \gamma_{mn}^{(2)}\gamma_{mn}^{(3)} &= 0 \\ (n = 0, 1, \dots; m \neq s_1'(k_1 + 1), s_1' = 0, 1, 2, \dots), \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \gamma_{mn}^{(7)}\gamma_{mn}^{(9)} - \gamma_{mn}^{(8)}\gamma_{mn}^{(6)} &= 0 \\ (n = 0, 1, \dots; m = s_1'(k_1 + 1), s_1' = 1, 2, \dots), \end{aligned} \quad (18)$$

2.3 yarımfəslində şəbəkə əmələ gətirən çubular sistemi ilə möhkəmləndirilmiş sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, mühitlə doldurulmuş silindirik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyinin təyini haqqında məsələ həll edilmişdir. Böhran qüvvəsinin tapılması üçün iki tənlik alınmışdır:

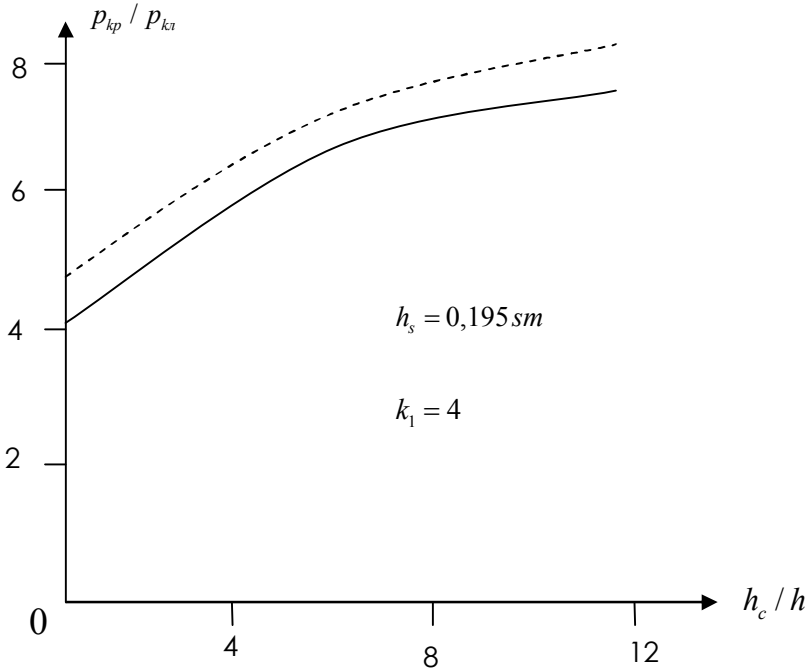
$$\begin{vmatrix} a_{11}^{(1)} & a_{12}^{(1)} & a_{13}^{(1)} \\ a_{21}^{(1)} & a_{22}^{(1)} & a_{23}^{(1)} \\ a_{31}^{(1)} & a_{32}^{(1)} & a_{32}^{(3)} \end{vmatrix} = 0; \quad \begin{vmatrix} a_{11}^{(2)} & a_{12}^{(2)} & a_{13}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)} & a_{22}^{(2)} & a_{23}^{(2)} \\ a_{31}^{(2)} & a_{32}^{(2)} & a_{32}^{(2)} \end{vmatrix} = 0 \quad (19)$$

Şək.3-də çubuqlar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, mühitlə doldurulmuş silindirik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyinin uyğun hamar, mühitlə doldurulmuş silindirik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyinə olan nisbətinin boyuna çubuqların qalınlığından asılılığı verilmişdir. Xarici təzyiqin intensivliyi $q_0 = -0,5 \cdot 10^5 H / M^2$ şəklində götürülmüşdür. Mühit və örtüyün parametrləri üçün aşağıdakı qiymətlər qəbul edilmişdir:

$$h^* = \frac{h}{R} = 0,25 \cdot 10^{-2}; \quad E_c = E_s = E = 6,67 \cdot 10^9 H / M^2; \quad \nu = 0,3; \quad R = 200 MM;$$

$$I_{kp,c} = 0,4 MM^4; \quad L_1 = 420 MM; \quad h = 0,45 MM; \quad F_c = 4,75 MM^2; \quad F_s = 5,75 MM^2; \quad I_{xs} = 19,9 MM^4;$$

$$I_{kp,s} = 0,48 MM^4; \quad I_{yc} = 17,4 MM^4; \quad \tilde{q} / \tilde{q}_0 = 3; \quad \tilde{q}_0 / E = 0,002; \quad ; k = 32.$$



Şək.3. Böhran gərginliklərin nisbətindən boyuna çubuqların qalınlığından asılılığı.

Tədqiqatlar göstərir ki, mühitin təsirinin nəzərə alınması və q_0 təzyiqinin artması böhran gərginliyinin artmasına səbəb olur.

Fəsil 3-də şəbəkə əmələ gətirən çubuqlar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş sıxıcı qüvvənin və radial təzyiqin təsirinə məruz qalan, mühitlə doldurulmuş silindirik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyini təyini etmək üçün sadə düsturlar alınmışdır. Bunda əlavə başlanğıc əyintinin və qabarmanın dayanıqlığının böhran gərginliyinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Konstruksiyanın dayanıqlığının böhran gərginliyinin müxtəlif parametrdən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.

Hesab olunur ki, örtüklə mühit arasındakı kontakt sürüşən kontaktdır, yəni $r = R$ olduqda

$$w = s_z \quad (20)$$

$$q_x = -\sigma_{rx} = 0, \quad q_\theta = -\sigma_{r\theta} = 0, \quad q_{zz} = -\sigma_{rr} \quad (21)$$

şərtləri ödəyir.

Örtüyün hərəkət tənlikləri sisteminin həllini aşağıdakı şəkildə axtaracağıq.

$$u = u_0 e^{\chi \xi} \cos n\theta, \quad \vartheta = \vartheta_0 e^{\chi \xi} \sin n\theta, \quad w = w_0 e^{\chi \xi} \cos n\theta, \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (22)$$

Boyuna çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, sıxıcı qüvvənin və radial təzyiğin təsirinə məruz qalan, mühitlə doldurulmuş silindrik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyi \bar{q}_{kp} təyini etmək üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

$$\bar{q}_{kp} = \frac{1}{\bar{n}^4(\bar{n}^2 - 1)}(1 + \gamma_c^{(1)} - \nu^2)B_5^4 + \frac{1 - \nu}{2}\bar{n}^4\bar{q}_z^{(0)} + \bar{n}^4(\bar{n}^2 - 1)^2 a^2 - \frac{\bar{p}B_5^2}{\bar{n}^2 - 1} + \frac{(1 + \nu)^2 \bar{q}_z^{(0)}}{16(\bar{n}^2 - 1)}B_5^2 \quad (23)$$

Analoji düsturlar halqalarla və şəbəkə əmələ gətirən çubuqlar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş, sıxıcı qüvvənin və radial təzyiğin təsirinə məruz qalan, mühitlə doldurulmuş silindrik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyi \bar{q}_{kp} təyini etmək üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

$$\bar{q}_{kp} = \frac{4(1 + \gamma_s^{(2)} - \nu^2 - q_z^{(0)})}{\bar{n}^4(\bar{n}^2 - 1)(1 + \gamma_s^{(2)})}B_5^4 + \frac{4\bar{A}(1 + \gamma_s^{(2)} - \nu^2 - q_z^{(0)})q_z^{(0)}}{\bar{n}^4(\bar{n}^2 - 1)(1 + \gamma_s^{(2)})}B_5^2 + \frac{\bar{n}^2 - 1}{1 + \gamma_s^{(2)}}\left[r_{k_2}^{(2)} + (a^2 + r_{k_1}^{(2)})(1 + \gamma_s^{(2)})\right] + \frac{q_z^{(0)}}{\bar{n}^2 - 1} \quad (24)$$

$$\bar{q}_{kp} = \frac{1}{\bar{n}^4(\bar{n}^2 - 1)(1 + \gamma_s^{(2)})}\left[(1 + \gamma_c^{(1)})(1 + \gamma_s^{(2)}) - \nu^2 + q_z^{(0)}\right]B_5^4 - \frac{\bar{A}B_5^2}{\bar{n}^4(\bar{n}^2 - 1)(1 + \gamma_s^{(2)})} + \frac{(\bar{n}^2 - 1)\left[\eta_{s_2}^{(2)} + (a^2 + \eta_{k_1}^{(2)})(1 + \gamma_s^{(2)})\right]}{4(1 + \gamma_s^{(2)})} + \frac{1 - \nu}{8(\bar{n}^2 - 1)(1 + \gamma_s^{(2)})}q_z^{(0)} \quad (25)$$

Dördüncü fəsil dörd yarım fəsilədən ibarət olub, çubuqlar sistemi ilə мющкямляндирилmiş dinamik yükləməyə мяруз qalan, özlü-elasticliki mühitlə doldurulmuş силиндирик юртцүүн dayanıqlığının böhran gərginliyini təyin etmək üçün variyasiya prinsipinin qurulmasına həsr olunmuşdur. Mühitin təsiri Pasternak və ya Pasternak tipli modelin köməyi ilə nəzərə alınmışdır. Məsələ ədədi üsulla həll edilmiş, qüvvə-tezlik müstəvisində baxılan konstruksiyanın dinamik dayanıqlıq oblastı göstərilmişdir.

Müntəzəm yerləşmiş, şəbəkə əmələ gətirən çubuqlar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş silindrik örtüyün potensial və kinetik enerjiləri aşağıdakı ifadələrlə təyin olunur:

$$\Pi = \mathcal{E} + A + K \quad (26)$$

Burada

$$\begin{aligned}
\Theta = & \frac{Eh^3}{24(1-\nu^2)R^2} \int_0^{\xi_1} \int_0^{2\pi} \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right)^2 - 2(1-\nu) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \theta} \right)^2 \right] \right\} d\xi d\theta + \\
& + \frac{h}{2ER^2} \int_0^{\xi_1} \int_0^{2\pi} \left\{ \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta^2} \right)^2 - 2(1-\nu) \left[\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \xi^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta^2} - \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \xi \partial \theta} \right)^2 \right] \right\} d\xi d\theta + \\
& + \frac{1}{2R^3} \sum_{i=1}^k \left\{ \int_0^{\xi_1} \left[E_c I_{yc} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} \right)^2 + G_c I_{kp,c} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \theta} \right)^2 \right] \Big|_{\theta=\theta_i} d\xi \right\} + \\
& + \frac{1}{2R^3} \sum_{j=1}^{k_1} \int_0^{2\pi} \left[E_s I_{ys} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + w \right)^2 + G_s I_{kp,s} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi \partial \theta} \right)^2 \right] \Big|_{\xi=\xi_j} d\theta + \\
& + \sigma_x h \int_0^{\xi_1} \int_0^{2\pi} \left\{ \frac{1}{E} \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta^2} - \nu \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \xi^2} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial \xi} \right)^2 \right\} d\xi d\theta + \sigma_x F_c R \sum_{i=1}^k \int_0^{\xi_1} \left[\frac{\sigma_x}{E} - \right. \\
& \left. - \frac{1}{2R^2} \left(\frac{\partial w}{\partial \xi} \right)^2 \Big|_{\theta=\theta_i} \right] d\xi + \frac{\sigma_y h}{2} \int_0^{\xi_1} \int_0^{2\pi} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + w \right) w d\xi d\theta;
\end{aligned} \tag{27}$$

$$A = -R^2 \int_0^{\xi_2} \int_0^{2\pi} q_z w d\xi d\theta$$

$$K = \rho_0 h R^2 \int_0^{\xi_1} \int_0^{2\pi} \left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 d\xi d\theta + \rho_c F_c R \sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \Big|_{\theta=\theta_i} d\xi + \rho_s F_s R \sum_{i=1}^{k_1} \left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \Big|_{\xi=\xi_j} d\theta$$

Deformasiyanın kəsilməməzlik şərti: $\Delta \Delta \varphi = -ER \frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2}$.

Örtüyün dayanıqlığın itirilməsinə uyğun əyintisinə

$$w = \sin d_m \xi \left[w_1(t) \cos n\theta + w_2(t) \sin n\theta \right], \tag{28}$$

şəklində axtaraq.

Burada $w_1(t)$ və $w_2(t)$ - zamandan asılı naməlum funksiyalardır.

Dayanıqlığın itirilməsinin formasına uyğun baxılan qüvvənin təsirinin böhran müddəti üçün alarıq:

$$t_{kp} = \sqrt{\frac{\sigma_{mn}}{(\sigma_0 - \sigma_{mn}) \omega_{mn}^2}}, \tag{29}$$

Xətti qanunla azalan, ani tətbiq olunmuş qüvvənin təsirindən örtükdə yaranan sıxıcı gərginlik $\sigma = \tilde{\sigma}_0 - \gamma t$ ($\tilde{\sigma}_0$ - qüvvənin tətbiq anında

örtükdə yaranan gərginlik, γ - onun azalma sürətidir) qanunu ilə dəyişdiyi hal üçün

$$\sigma_0 = \sigma_{mn} + \sqrt[3]{\frac{3\sigma_{mn}\gamma^2}{2\omega_{mn}^2}}, \quad (30)$$

düsturu alınmışdır.

Cədvəl 1-də oxu boyu sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalmış, ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən çubuqlar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş, mühitlə təmasda olan silindirik örtüyü ani tətbiq olunmuş qüvvələrin böhran qiymətləri verilmişdir. Hesablamalarda silindirik örtük, çubuqlar sistemini xarakterizə edən fiziki və mexaniki parametrlər üçün aşağıdakı ədədi qiymətlər götürülmüşdür:

$$E = E_c = E_s = 6,8 \cdot 10^{10} \text{ H} / \text{M}^2; \nu = 0,3; \rho_0 = \rho_c = \rho_s = 2,7 \text{ z} / \text{cM}^3; R = 16 \text{ cM};$$

$$L_1 = 40 \text{ cM}; h = 0,05 \text{ cM}; F_c = 3,5 \text{ MM}^2; I_{yc} = 2,3 \text{ MM}^4; I_{kp,c} = 0,29 \text{ MM}^4; h_c = 0,15 \text{ cM};$$

$$F_s = 7 \text{ MM}^2; I_{xs} = 40 \text{ MM}^4; I_{kp,s} = 0,58 \text{ MM}^4; h_s = 0,265 \text{ cM}; k = 16, k_1 = 4;$$

$$\tilde{q} = 3,8 \cdot 10^7 \text{ H} / \text{M}^2; \tilde{q}_0 = 1,9 \cdot 10^5 \text{ H} / \text{M}^2.$$

Cədvəl 1

Yükləmənin növləri	Parametrlər	
	Qüvvələr	Forma
Statik	$p_s = 1,32 \cdot 10^4 \text{ N} / \text{sm}^2$ $p_{ss} = 1,38 \cdot 10^4 \text{ N} / \text{sm}^2$	m=23; n=8
Pilləvari	$\sigma_{x0} = 2,0 \cdot 10^4 \text{ N} / \text{sm}^2; t_{kp} = 1,88 \text{ san.}$ $\sigma_{x0s} = 2,6 \cdot 10^4 \text{ N} / \text{sm}^2; t_{kps} = 2,11 \text{ san.}$	m=28; n=8
Azalan	$\gamma = 10^4 \text{ N} / \text{sm}^2 \cdot \text{c};$ $\sigma_{x0,kp} = 1,81 \cdot 10^4 \text{ N} / \text{sm}^2$ $\gamma = 10^4 \text{ N} / \text{sm}^2 \cdot \text{san};$ $\sigma_{x0,kps} = 1,96 \cdot 10^4 \text{ N} / \text{sm}^2$	m=23; n=8

Cədvəldə p_3 və p_{3s} -ə konstruksiyanın statik dayanıqlığının itirilməsinə uyğun gələn böhran gərginliyinin mühitin təsiri nəzərə alınmadıqdakı və mühitin təsiri nəzərə alındıqdakı uyğun qiymətləridir.

Nəticələrin təhlili göstərir ki, dinamik yükləmə halında böhran gərginliyinin artması ilə yanaşı qabarmanın formasını təyin edən parametrlər də dəyişir. Bundan əlavə, mayenin təsirinin nəzərə alınması böhran gərginliyinin və böhran zamanının artmasına səbəb olur.

p_3 və p_{3s} -ə konstruksiyanın statik dayanıqlığının itirilməsinə uyğun gələn böhran gərginliyinin minimal qiymətləri, uyğun olaraq, mühitin təsiri nəzərə alınmadıqda və təsiri nəzərə alındıqda cədvəl 2-də verilmişdir. Bu zaman dinamik Pasternak modelindən istifadə olunmuşdur.

Cədvəl 2

Yükləmənin növləri	Parametrlər	
	Qüvvələr	Forma
Statik	$p_3 = 1,32 \cdot 10^4 N / sm^2$ $p_{3s} = 1,28 \cdot 10^4 N / sm^2$	m=23; n=8
Pilləvari	$\sigma_{x0} = 2,0 \cdot 10^4 N / sm^2; t_{kp} = 1,88 san.$ $\sigma_{x0s} = 2,6 \cdot 10^4 N / sm^2; t_{kps} = 2,11 san.$	m=28; n=8
Azalan	$\gamma = 10^4 N / sm^2 \cdot c;$ $\sigma_{x0.kp} = 1,81 \cdot 10^4 N / sm^2$ $\gamma = 10^4 N / sm^2 \cdot c;$ $\sigma_{x0.kps} = 1,76 \cdot 10^4 N / sm^2$	m=23; n=8

Alınan nəticələrin müqayisəsi göstərir ki, dinamik yükləmədə nəinki gərginliyin böhran qiyməti artır, eyni zamanda qabarmanın formasını xarakterizə edən parametrləri dəyişir ki, bu da çubuqların diskret paylanması təsir effektini artırır. Bundan əlavə, Pasternak modelində mütənəşlilik əmsalının tezlik parametridən asılılığının nəzərə alınması gərginliyin böhran qiymətinin azalmasına səbəb olur.

Beşinci fəsil dörd yarım fəsildən ibarət olub, çubuqlar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş oxu istiqamətində yükləməyə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə doldurulmuş zədələnmələri nəzərə alınan silindrik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyini təyin etmək üçün variyasiya prinsipinin qurulmasına həsr olunmuşdur. Burada məsələnin qoyuluşu verilmiş və oxu istiqamətində yükləməyə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə doldurulmuş zədələnmələri nəzərə alınan silindrik örtüyün dayanıqlığının böhran gərginliyini təyin etmək üçün dinamik funksional qurulmuşdur. Mühitin təsiri Pasternak və ya dinamik Pasternak köməyi ilə nəzərə alınmışdır. Məsələ ədədi üsulla həll edilmiş, qüvvə-tezlik müstəvisində baxılan konstruksiyanın dinamik dayanıqlıq oblastı göstərilmişdir.

Dissertasiya işində irsiyyət tipli zədələnmələr nəzəriyyəsiindən istifadə olunmuşdur. Bu nəzəriyyəyə əsasən əsas tənklik aşağıdakı şəkildə götürülür:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{E} \cdot \sigma_{ij} + M^* \cdot \sigma_{ij} \quad , \quad (31)$$

Burada E - Yunq modulu, M^* - zədələnmələri nəzərə alan irsiyyət tipli operator olub, aşağıdakı şəkildədir:

$$M^* \cdot \sigma_{ij} = \sum_{k=0}^n f(t_k^+) \int_{t_k^-}^{t_k^+} M(\bar{x}, t_k^+ - \tau) \cdot \sigma_{ij}(\tau) d\tau + \int_{t_{n+1}^-}^t M(\bar{x}, t - \tau) \cdot \sigma_{ij}(\tau) d\tau \quad (32)$$

Burada $M(\bar{x}, t - \tau)$ - zədələnmə nüvəsi; $(t_k^-; t_k^+)$ - zədələrin artmasını təmin edən aktiv yükləmə intervalı; $f(t_k^+)$ - bir dövr ərzində yığılan zədələrin həcmindən asılı olan deffektlərin şəfəsi funksiyasıdır. Məsələn, $f(t_k^+) = 0$ qiymətinə deffektlərin tam bərpası uyğun gəlir. $f(t_k^+) = 1$ qiymətinə isə deffektlərin tam bərpası mümkün olmaması uyğundur. Funksiyanın sıfırdan birə qədər olan aralıq qiymətlərinə deffektlərin hissə-hissə bərpası uyğun gəlir. $(t_k^-; t_k^+)$ intervalını təyin etmək üçün xüsusi şərtlər vermək lazımdır. Həmin şərtlər konstruksiyanın spesifik xüsusiyyətlərini, iş şəraitini və yükləmə növünü nəzərə almaqla yazılır. Fərz olunur ki, özlü elastiki mühit tərəfindən örtüyə göstərilən təsir qüvvəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$q_z = k_c w - \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau) w(\tau) d\tau \quad (33)$$

Burada Γ - relaksasiya nüvəsidir.

Deformasiyanın (31) ifadələrini nəzərə alsaq, zədələnmiş silindrik örtüyün elastiki deformasiyasının potensial enerjisi üçün alırıq:

$$\begin{aligned} \Pi_0 = & \frac{1}{2} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \left\{ N_x \frac{\partial u}{\partial x} + N_y \left(\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial y} - \frac{w}{R} \right) + N_{xy} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial x} \right) - M_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - M_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \right. \\ & - 2M_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + N_x \left(\sum_{k=0}^n f(t_k^+) \int_{\bar{t}_k}^{t_k^+} M(\bar{x}, t_k^+ - \tau) \cdot N_x d\tau + \int_{\bar{t}_{n+1}}^t M(\bar{x}, t - \tau) \cdot N_x d\tau \right) + \\ & + N_y \left(\sum_{k=0}^n f(t_k^+) \int_{\bar{t}_k}^{t_k^+} M(\bar{x}, t_k^+ - \tau) \cdot N_y d\tau + \int_{\bar{t}_{n+1}}^t M(\bar{x}, t - \tau) \cdot N_y d\tau \right) + \\ & + N_{xy} \left(\sum_{k=0}^n f(t_k^+) \int_{\bar{t}_k}^{t_k^+} M(\bar{x}, t_k^+ - \tau) \cdot N_{xy} d\tau + \int_{\bar{t}_{n+1}}^t M(\bar{x}, t - \tau) \cdot N_{xy} d\tau \right) - \\ & - M_x \left(\sum_{k=0}^n f(t_k^+) \int_{\bar{t}_k}^{t_k^+} M(\bar{x}, t_k^+ - \tau) \cdot M_x d\tau + \int_{\bar{t}_{n+1}}^t M(\bar{x}, t - \tau) \cdot M_x d\tau \right) - \\ & - M_y \left(\sum_{k=0}^n f(t_k^+) \int_{\bar{t}_k}^{t_k^+} M(\bar{x}, t_k^+ - \tau) \cdot M_y d\tau + \int_{\bar{t}_{n+1}}^t M(\bar{x}, t - \tau) \cdot M_y d\tau \right) - \\ & \left. - M_{xy} \left(\sum_{k=0}^n f(t_k^+) \int_{\bar{t}_k}^{t_k^+} M(\bar{x}, t_k^+ - \tau) \cdot M_{xy} d\tau + \int_{\bar{t}_{n+1}}^t M(\bar{x}, t - \tau) \cdot M_{xy} d\tau \right) \right\} dx dy \quad (34) \end{aligned}$$

Fərz olunur ki, örtüyün kənarları oynaqla bərkidilmişdir, yəni $x = 0; \ell$ olduqda

$$N_x = 0; M_x = 0; w = 0; \mathcal{G} = 0, \quad (35)$$

şərtləri ödənilir. Burada N_x - silindrin oxu boyu təsir edən qüvvə, M_x - əyici moment, w, \mathcal{G} - yerdəyişmə vektorunun komponentləridir. Variyasiya prinsipinin köməyi ilə xarici $p = p_0 + p_1 \sin \omega_1 t$ (p_0 - orta və ya əsas qüvvə, p_1 - amplituda, ω_1 - qüvvənin dəyişmə tezliyidir) qüvvəsinin təsirinə məruz qalan halqalarla möhkəmləndirilmiş, özlü-elastiki

mühitlə dolu olan nazik zədələnmələri nəzərə alınan silindrik örtüyün parametrik rəqsləri tədqiq olunmuşdur.

Quruluş funksionalın qərarlaşmış qiymətini tapmaq üçün Rits üsulundan istifadə edilmişdir. Naməlum variyasiyalanan kəmiyyətlər aşağıdakı şəkildə axtarılmışdır:

$$\begin{aligned}
 u &= \cos \frac{\pi x}{l} \sin(m\varphi) (u_0 \cos \omega t + u_1 \sin \omega t) \\
 \mathcal{G} &= \sin \frac{\pi x}{l} \cos(m\varphi) (\mathcal{G}_0 \cos \omega t + \mathcal{G}_1 \sin \omega t) \\
 w &= \sin \frac{\pi x}{l} \sin(m\varphi) (w_0 \cos \omega t + w_1 \sin \omega t) \\
 N_x &= \sin \frac{\pi x}{l} \sin(m\varphi) (N_{x0} \cos \omega t + N_{x1} \sin \omega t) \\
 N_y &= \cos \frac{\pi x}{l} \cos(m\varphi) (N_{y0} \cos \omega t + N_{y1} \sin \omega t) \\
 N_{xy} &= \sin \frac{\pi x}{l} \sin(m\varphi) (N_{xy0} \cos \omega t + N_{xy1} \sin \omega t) \\
 M_x &= \sin \frac{\pi x}{l} \sin(m\varphi) (M_{x0} \cos \omega t + M_{x1} \sin \omega t) \\
 M_y &= \sin \frac{\pi x}{l} \sin(m\varphi) (M_{y0} \cos \omega t + M_{y1} \sin \omega t) \\
 M_{xy} &= \sin \frac{\pi x}{l} \cos(m\varphi) (M_{xy0} \cos \omega t + M_{xy1} \sin \omega t)
 \end{aligned} \tag{36}$$

Burada m - dairəvi istiqamətdə dalğa ədədi, ω - naməlum $u, w, \mathcal{G}, N_x, N_y, N_{xy}, M_x, M_y, M_{xy}$ kəmiyyətlərin rəqs tezliyidir.

Zədələnmə operatorunda aktiv yükləmə dövrü $[t_k^-, t_k^+]$

(36) aproksimasiyalarının azalma şərtindən təyin olunur: $\left[\left(-\frac{\pi}{2} + 2\pi + \arctg \frac{b}{a} \right) / \omega; 2\pi k + \arctg \frac{b}{a} \right]$, burada a və b uyğun olaraq, $\cos \omega t$ və $\sin \omega t$ funksiyalarının əmsallarıdır. (36)

aproksimasiyalarını \tilde{L} Laqranj funksiyasında yerinə yazıb,

$$x_1 = 0, x_2 = L, y_1 = 0, y_2 = 2\pi, t_0 = 0, t_1 = \frac{\pi}{\omega}$$

olduğunu nəzərə alıb,

dəyişənlərinə nəzərən inteqrallayaq. Nəticədə naməlum $u_m, w_m, \vartheta_m, N_{xm}, N_{ym}, N_{xym}, M_{xm}, M_{ym}, M_{xym}$ ($m = 1, 2$) kəmiyyətlərindən asılı funksiya alırıq. Alınmış funksiyanın qərarlaşma şərtindən naməlum kəmiyyətlərə nəzərən cəbri tənliklər sistemi alırıq. Bu sistemin baş determinantını sifra bərabər edib, ω -ya nəzərən tezlik tənliyini alırıq:

$$\det|c_{ij}| = 0 \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, 18) . \quad (37)$$

C_{ij} elementləri dissertasiyada verilmişdir. (37) tənliyi parametrlərin aşağıdakı qiymətləri üçün ədədi hesablanmışdır:

$$\tilde{q} / \tilde{q}_0 = 3; \quad \tilde{q}_0 / E = 0,002; \quad M(t - \tau) = \beta = const;$$

$$\psi = 0,05; \quad A = 0,1615; \quad ;$$

$$m = 1; \nu = 0,3; \quad \frac{I_{kp.c}}{2\pi R^3 h} = 0,5305 \cdot 10^{-6}; \quad |h_c| = 0,1375 \cdot 10^{-1} R;$$

$$\rho_0 = 7,82 / \text{cm}^3;$$

$$L_1 = 800 \text{mm}; \quad \frac{F_c}{2\pi R h} = 0,1591 \cdot 10^{-1}; \quad R = 160 \text{mm};$$

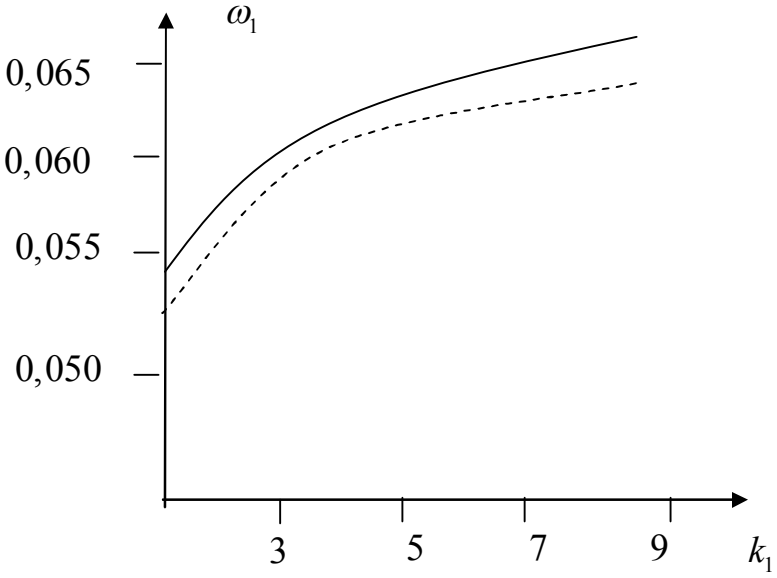
$$E = E_c = E_s = 6,67 \cdot 10^9 \text{H} / \text{m}^2 \quad \frac{I_{yc}}{2\pi R^3 h} = 0,8289 \cdot 10^{-6}; \quad h = 0,45 \text{mm};$$

$$F_c = 4,75 \text{mm}^2; F_s = 5,75 \text{mm}^2; I_{xs} = 19,9 \text{mm}^4;$$

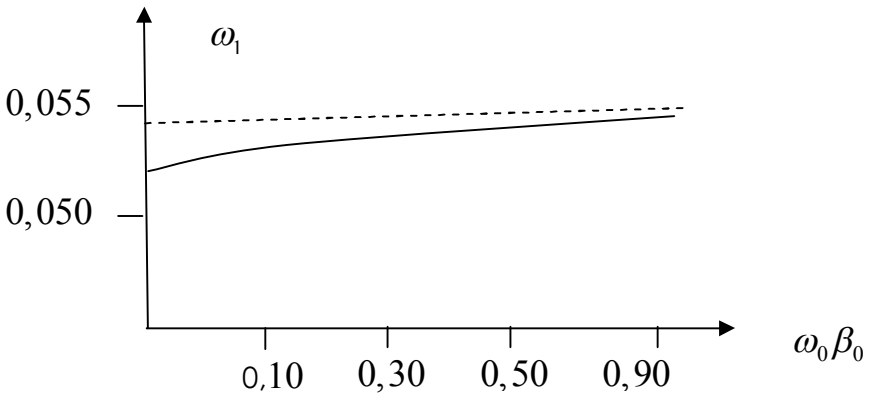
$$f(t_k^+) = 0,5; I_{kp.s} = 0,48 \text{mm}^4.$$

Hesablamanın nəticələri şəkil 4-də $\omega_1 = \sqrt{(1 - \nu^2) \rho_0 R^2 \omega^2 / E}$ -in halqaların sayı k_1 -dən asılılığı şəklində verilmişdir. Bütöv xətt zədələnmiş, qırıq xətt isə zədələnməmiş silindirə uyğun gəlir. Şəkil 4-dən görünür ki, k_1 artdıqca ω_1 artır. Hesablamalar göstərir ki, mühitin özlürlüyünün və örtüyün zədələrinin nəzərə alınması baxılan sistemin

məxsusi tezliklərinin mühit elastiki olduqda məxsusi tezlikləri ilə müqayisədə azalır



Şəkil 4. ω_1 -in halqaların sayı k_1 -dən asılılığı.



Şəkil 5. ω_1 -in $\omega_0\beta_0$ -dən asılılığı.

Şəkil 5-də Pasternakın qeyri-klassik dinamik modeli üçün ω_1 -in $\omega_0\beta_0$ -dan asılılığı verilmişdir. Qırıq xətlərə Pasternakın klassik dinamik modeli uyğundur. Şəkil 5-dən görünür ki, $\omega_0\beta_0$ artdıqca əyriilər arasındakı fərq azalır.

Altıncı fəsil iki paraqrafdan ibarət olub, konstruksiyanın möhkəmləndirilməsinin optimal variantının seçilməsinə həsr olunmuşdur. Yükləmənin iki halına baxılmışdır: 1) oxu boyu sıxılma; 2) müntəzəm xarici təzyiq.

Optimallaşdırma meyarı olaraq çubuqlarla möhkəmləndirilmiş mühitlə təmasda olan və oxu boyu sıxılan silindrik böhran gərginliyinin uyğun eyni çəkili hamar mühitlə təmasda olan və oxu boyu sıxılan silindrik örtüyün böhran gərginliyinə olan nisbəti götürülür. Bu nisbəti maksimum olan möhkəmləndirmə optimal hesab olunur.

Möhkəmləndirmə parametrlərinin seçilməsinə həyata keçirən həll üsulu bu parametrlərin konstruksiyanın böhran gərginliklərinə təsirinin öyrənilməsindən ibarətdir. Möhkəmləndirmə parametri olaraq biri digərindən asılı olmadan dəyişənlər seçilmişdir: $\varphi_1' = \bar{\gamma}_c^{(1)} + \bar{\gamma}_h^{(2)}$ – bütün çubuqların çəkisinin silindrik örtüyün çəkisinə olan nisbəti; $\varphi_2' = \bar{\gamma}_c^{(1)} / \bar{\gamma}_h^{(2)}$ – boyuna çubuqların çəkisinin halqaların çəkisinə olan nisbəti; $a_1 = \frac{2\pi R}{k_2 h}$ – boyuna çubuqlar arasındakı məsafənin silindrik

örtüyün qalınlığına olan nisbəti; $a_2 = \frac{L_1}{h(k_1 + 1)}$ – halqalar arasındakı

məsafənin silindrik örtüyün qalınlığına olan nisbəti; $\psi_1 = \frac{h_c}{b_c}$ və $\psi_2 = \frac{h_h}{b_h}$ –

uyğun olaraq, boyuna çubuqların və halqaların hündürlüklərinin onların qalınlıqlarına olan nisbəti. Çubuqların en kəsiyi konstruktiv təsəvvüрдən seçilir. Bununla da $\bar{\psi}_1$ və $\bar{\psi}_2$ parametrlərinin qiymətləri təyin edilir.

Növbəti addımda φ_1' , φ_2' , a_1 , a_2 parametrlərinin nisbi səmsrəlilik əmsalı μ parametrinə ən böyük qiymət verən ədədi qiymətləri seçilir. φ_1' , φ_2' , a_1 , a_2 parametrlərinin seçilmiş qiymətləri əsasında çubuqların sayını və onların en kəsiklərinin sahəsini təyin etmək olar. Parametrlərin tapılmış qiymətləri yuvarlaqlaşdırıldığından, onların son variantları üçün yenidən yoxlama hesabı aparılır.

μ parametrinin çubuqların nisbi çəkisindən asılılıq silindrik örtük və mühitin aşağıdakı parametrlər üçün şəkil 6-da verilmişdir.

$$E = E_0 = 6,67 \cdot 10^9 \text{ H} / \text{M}^2 ; \rho_0 = \rho_c = 0,26 \cdot 10^4 \text{ H} \cdot \text{c}^2 / \text{M}^4 ; \nu = 0,3;$$

$$L_1 = 800 \text{ MM}; R = 160 \text{ MM}; h = 0,45 \text{ MM}; k = 4; k_1 = 9; h_c = 1,39 \text{ MM};$$

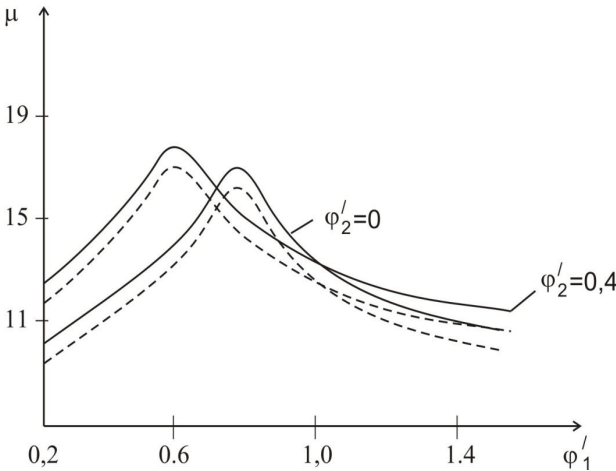
$$h_s = 1,90 \text{ MM}; F_c = 3,4 \text{ MM}^2; F_s = 5,2 \text{ MM}^2; I_{yc} = 5,1 \text{ MM}^4; I_{kp.c} = 0,23 \text{ MM}^4;$$

$$I_{xs} = 300,8 \text{ MM}^4; \rho = 10^3 \text{ H} \cdot \text{c}^2 / \text{M}^4; h^* = 0,25 \cdot 10^{-2}, \frac{L_1}{R} = 2, a_1 = 75,$$

$$a_2 = 200, \psi_1 = \psi_2 = 10, \nu = 0,3, \frac{\rho}{\rho_0} = 0,12, n = 8.$$

Bütöv xətlərə möhkümləndirilmiş örtüyün mühit olmadıqda, qırıq xətlərə isə möhkümləndirilmiş örtüyün mühit olduqda rəqsləri uyğundur.

μ parametrinin φ_2' -dən asılılığı göstərir ki, μ parametri maksimum qiymətini $\varphi_2' = 0$ olduqda alır və baxdığımız misalda $\mu_{\max} = 17,5$ -ə bərabərdir. Bu isə onu göstərir ki, silindrik örtük oxu boyu sıxıldıqda boyuna çubuqların çəkisi halqaların çəkisindən çox olmalıdır. Bu nöqtənin absisi 0,63-ə bərabərdir.



Şəkil 6. Optimallaşdırma parametrinin çubuqların nisbi çəkisindən asılılığı.

NƏTİCƏ

Dissertasiya işində statik və dinamik işin təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqi üçün fiziki və riyazi model qurulmuş, bu model əsasında tədqiqat aparılmış, konstruksiyanın rəşional variantı seçilmişdir. Bu məqsədlə müstəvi kəsik prinsipi və Kirhov-Lyav hipotezasına əsaslanan funksional qurulmuşdur. Mühitin təsirini nəzərə almaq üçün klassik və ya dinamik Pasternak modelindən, Lamé tənliklər sistemindən istifadə olunmuşdur. Möhkəmləndirilmənin üç halı nəzərdən keçirilmişdir: 1) konstruksiya boyuna çubuqlarla möhkəmləndirilmişdir; 2) konstruksiya halqalarla möhkəmləndirilmişdir; 3) konstruksiya ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən çubuqlarla möhkəmləndirilmişdir. Ostroqradski-Hamiltonun variasiya prinsipi əsasında başlanğıc qabarması və yabaşlanğıc əyintisi olan, zədələnmələri nəzərə alınan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan silindrik örtüklərin dayanıqlıq və rəqsləri tədqiq olunmuş, böhran vəziyyətini xarakterizə edən parametrlərin böhran qiyməti tapılmışdır. Xarici təzyiqə və oxu boyu sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, müxtəlif çubuqlar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş silindrik örtüklərin dayanıqlığının böhran qüvvəsini hesablamaq üçün analitik ifadələr alınmışdır. Dayanıqlığının böhran qüvvəsini hesablanmış qiymətlərinə əsasən konstruksiyanın optimal bərkidilməsi haqqında məsələ həll edilmişdir.

Aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

- statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqi üçün yeni fiziki və riyazi model qurulmuşdur;

- statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin parametrik rəqslərində dayanıqlığının tədqiqi;

- statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin parametrik rəqslərində dayanıqlığının böhran qüvvəsini təyin etmək üçün analitik ifadələr alınmışdır;

- göstərilmişdir ki, örtüyün başlanğıc qabarmalarının nəzərə alınması dayanıqlığın itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsinin azalmasına gətirib çıxarır;

- göstərilmişdir ki, örtüyün başlanğıc əyintisinin nəzərə alınması dayanıqlığın itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsinin azalmasına gətirib çıxarır;
- xətti qanunla azalan ani tətbiq olunmuş və pilləvari impulsun təsirinə məruz qalan konstruksiyanın böhran zamanını və bu zamana uyğun böhran gərginliyini hesablamaq üçün düstur alınmışdır;
- zədələnmələrin nəzərə alınması dayanıqlığın böhran qüvvəsinin azalmasına səbəb olur;
- “qüvvə-tezlik” müstəvisində statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin parametrik rəqslərində dayanıqlıq zonası göstərilmişdir;
- müəyyən edilmişdir ki, xarici mühitin təsirinin nəzərə alınması konstruksiyanın dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsini artırır;
- göstərilmişdir ki, çubuqların sayı artdıca, konstruksiyanın dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsinin qiyməti artırır;
- çubuqlar arasındakı məsafənin artması dayanıqlığın böhran qüvvəsinin artmasına səbəb olur;
- Oxu boyu sıxıcı qüvvənin və xarici təzyiqin təsirinə məruz qalan silindrik örtüyün parametrlərinin optimal variantı təyin edilmişdir.

Dissertasiya mövzusu üzrə çap olunmuş elmi işlər:

1. Искендеров Р.А. Исследование влияния начального прогиба оболочки, усиленной перекрестной системой ребер, заполненной средой на критические напряжение общей потери устойчивости. //Естественные и технические науки, №5(37), 2008. Москва, с.18-23.
2. Искендеров Р.А. Исследования влияния начального прогиба ребристой оболочки, заполненной средой, на критические напряжения общей потери устойчивости. //Государственное научное учреждение «Объединенный институт машиностроения» национальной академии наук Беларуси» Механика, Машин, Механизмов и материалов № 4 (5) 2008. Минск, с. 56-57.
3. Искендеров Р.А. Исследования влияния начального прогиба усиленной регулярной системой продольных ребер цилиндрической оболочки, заполненной средой на критические напряжения общей потери устойчивости. //Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Mexanika Məşinçılıqı №3 Bakı 2008, с. 39-41
4. Искендеров Р.А. Устойчивость продольно подкрепленной цилиндрической оболочки заполнителем при действии

различных нагрузок, изменяющихся во времени. //Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Mexanika Maşınqayırma №4 Bakı 2008, 4-6.

5. İskenderov R.A. Investigation of influence of initial deflection of medium-filled cylindrical shell reinforced by a regular system of cross ribs on critical stresses of general stability loss. Transactions of National Academy of sciences of Azerbaijan series of physical – technical and matematical scieces. XXVIII, №4 Bakı 2008, p.133 – 138

6. Искендеров Р.А. Устойчивость ребристой цилиндрической оболочки с наполнителем при действии различных нагрузок, изменяющихся во времени. //AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun 50 illiyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə Beynəlxalq konfransın Tezisləri Bakı 2009, с. 157-160.

7. Искендеров Р.А. Устойчивость ребристой цилиндрической оболочки с наполнителем при динамическом нагружении. //Bakı Universitetinin xəbərləri Fizika-Riyaziyyat elmlər seriyası № 2, 2009, с. 61-66.

8. Искендеров Р.А. Устойчивость подкрепленной перекрестной системой ребер цилиндрической оболочки с наполнителем при действии различных нагрузок, изменяющихся во времени. //Государственное научное учреждение «Объединенный институт машиностроения» национальной Академии Наук Беларуси» Механика, Машин, Механизмов и материалов № 4 (9) 2009. Минск, с. 65-68.

9. Искендеров Р.А. Устойчивость, подкрепленная перекрестной системой ребер, цилиндрической оболочки с наполнителем при действии различных нагрузок, изменяющихся во времени с применением динамической модели Пастернака.// Məruzələr. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası. LXV cild, №3, 2009, с. 21-29.

10. Искендеров Р.А. Устойчивость подкрепленной кольцевыми ребрами цилиндрической оболочки с наполнителем при действии различных нагрузок, изменяющихся во времени. //«Системные технологии», 2(61) 2009. Днепропетровск, с. 198-204.

11. İskenderov R.A. Buckling of the cylindrical shell reinforced by a cross system of ribs and filled with medium. «Mechanics of Composite Materials» May 24-28, 2010 Riga, Latvia, p. 88

12. Искендеров Р.А. Влияние начального прогиба на критические напряжения потери устойчивости ребристой цилиндрической оболочки, контактирующей со средой. //«Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій» Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, випуск 14, 2010, с. 183– 190.

13. İskenderov R.A. Stability of medium – contacting cylindrical shells stiffened with annular ribs under the joint action of static external pressure and axial compression. Transactions of National Academy of sciences of Azerbaijan series of physical – technical and mathematical sciences. Volume XXX, № 7, Baku – 2010. p.91 - 96
14. Искендеров Р.А. Колебания поврежденной продольно подкрепленной цилиндрической панели, контактирующей с вязкоупругой средой. Funksional analiz və onun tətbiqləri. //Akademik Z.İ.Xəlilovun 100-illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransın materialları. Bakı-2011. c. 166-169.
15. Искендеров Р.А., Амирова Р.А. Исследования влияния предварительного выпучивания подкрепленной цилиндрической оболочки, заполненной средой на критические напряжения общей потери устойчивости. //Изв. вузов. Авиационная Техника, Казань, 2010, № 4, с. 67 – 69
16. Искендеров Р.А. Анализ влияния предварительного выпучивания цилиндрической оболочки, усиленной перекрестной системой ребер, контактирующей со средой, на критические напряжения общей потери устойчивости. //Вестник ЧГПУ им.И.Я.Яковлева. Серия: Механика предельного состояния № , 2011, с.121-126
17. Искендеров Р.А. Колебания поврежденной поперечно подкрепленной цилиндрической панели, контактирующей с вязкоупругой средой. //Bakı Universitetinin xəbərləri Fizika-Riyaziyyat elmlər seriyası 2011, № 1 , с.77-85
18. Искендеров Р.А., Латифов Ф.С. Потеря устойчивости цилиндрической оболочки, усиленной поперечной системой ребер и заполненной средой. //«Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій» Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, випуск 16, 2011,с. 127-133
19. Искендеров Р.А. Колебания повреждаемой ребристой цилиндрической оболочки, заполненной вязко-упругой средой. //«Методи розв'язування прикладних задач механіки деформованого твердого тіла» Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, випуск 12, 2011. с. 140 - 151
20. Латифов Ф.С., Искендеров Р.А. Устойчивость ребристых цилиндрических оболочек, контактирующих со средой, при совместном действии статического внешнего давления и осевого сжатия. //Минск, Государственное научное учреждение «Объединенный институт машиностроения» национальной Академии Наук Беларуси»

Механика, Машин, Механизмов и материалов № 6(9) 2011, с.62 - 69

21. İskenderov R.A. Investigation of the influence of preliminary buckling of cylindrical shell reinforced by a cross system of ribs and filled with medium on critical stresses of general stability loss. International Journal of Technical and Physical problems of Engineering Issue 6, Number 1, Volume 1, march 2011, p. 49 –52

22. Искендеров Р.А. Устойчивость продольно подкрепленных цилиндрических оболочек с заполнителем при статическом нагружении. //Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi. Mexanika, Maşınqayırma № 1, 2011, с.36-41

23. Искендеров Р.А. Устойчивость подкрепленных кольцевыми ребрами цилиндрических оболочек с заполнителем при статическом нагружении. //«Проблеми обчислювальної механіки і міуності конструкуій» збірник наукових праць Дніпропетровський національний Університет імені Олеся Гончара, Випуск 17, 2011, с. 159-165

24. İskenderov R.A. Investigation of the Influence of Preliminary Bukling of Cylindrical shel Reinforced by a Cross System of Ribs and Filled with Medium on Critical Stresses of General Stability Loss. International Conference Continuum Mechanics and Related Problems of Analysis to Celebrate the 70th Anniversary of the Georgian National Academy of Sciences the 120th Birthday of its First President Academician Nikolaz Muskhelishvili Book of Abstracts, Tbilisi, September 9-14, 2011, p.158

25. Искендеров Р.А. Устойчивости подкрепленных продольными ребрами цилиндрических оболочек, заполненной средой при совместном действии статического внешнего и осевого сжатия. Маşınşunaslıq. Beynəlxalq elmi – texniki jurnal. № 2, 2012, с. 63 – 67

РАМИЗ АЗИЗ оглы ИСКЕНДЕРОВ

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ В
ВЯЗКОУПРУГОЙ СРЕДЕ**

АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе разработана физическая и математическая модель поведения подкрепленных и повреждённых конструкций со средой, наиболее полно учитывающая их работу при статических и динамических нагрузках. На этой основе проведены исследования устойчивости, а также выбраны рациональные параметры конструкции. С этой целью, используя представления основных величин теории стержней и оболочек, соответствующих гипотезе плоских сечений и гипотезе Кирхгоффа-Лява, построен функционал.

Влияния среды моделируются силой, подчиняющейся классической или динамической модели Пастернака, а также использованы системы уравнений Ляме. Рассмотрены три варианта подкреплений: 1) конструкция подкреплена продольными ребрами; 2) конструкция подкреплена кольцевыми ребрами; 3) конструкция подкреплена ребрами, образующими перекрестную систему.

При помощи вариационного принципа Остроградского Гамильтона исследованы устойчивость и колебания с учетом повреждаемости, предварительного выпучивания, начального прогиба, подкрепленных тонкостенных элементов конструкций контактирующих с вязкоупругой средой, а также определены параметры критического состояния устойчивости указанных конструкций. Получены формулы для вычисления критической силы устойчивости, цилиндрической оболочки, подкрепленной различной системой ребер, заполненной средой, подвергающейся внешним давлениям и осевой сжимающей силы.

На основании полученных значений параметров критического состояния устойчивости указанных конструкций решена задача определения оптимальных параметров подкрепления.

RAMIZ AZIZ oğlu ISKENDEROV

**STABILITY OF REINFORCED STRUCTURAL ELEMENTS WITH
REGARD TO DAMAGEABILITY IN VISCO-ELASTIC MEDIUM**

A B S T R A C T

In the dissertation work, a physical and mathematical model of behavior of reinforced and damaged constructions with medium, that more completely take into account their operation at statistical and dynamical loadings, is worked out. On this basis, the stability is studied, rational parameters of the construction are chosen. To this end, by using the representation of the main quantities of theory of bars and shells that correspond to hypothesis of plane sections and Kirchhoff-Liave hypothesis, a functional is constructed.

The medium's effect is modelled by a force subjected to Pasternak's classic or dynamical model, the systems of Lamé equations are also used.

Three variants of reinforcement are considered; 1) the construction is reinforced with longitudinal ribs; 2) the construction is reinforced with annular ribs; 3) the construction is reinforced with the ribs forming a crossed system.

The stability and vibrations with regard to damageability, preliminary buckling, initial deflection of reinforced thick-walled structural elements contacting with visco-elastic medium are studied by means of the Ostrogradsky-Hamilton variational principle, the parameters of critical state of stability of the indicated constructions are also determined. The formulae for calculating the critical force of stability of a medium-filled cylindrical shell reinforced with different systems of ribs, and subjected to external pressures an axial contractive force are obtained.

On the basis of the obtained values of the parameters of critical state of stability of the mentioned constructions a problem on definition of optimal reinforcement parameters is solved.

