

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI

RİYAZİYYAT VƏ MEXANİKA İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

ƏLİZADƏ İMAMƏLİ oğlu SEYFULLAYEV

**QEYRİ - BİRCİNS MÜHİTLƏRİN DAĞILMA
MEXANİKASI VƏ DİNAMİKA MƏSƏLƏLƏRİ**

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

BAKİ – 2018

Dissertasiya işi **AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun**

“Dalğa dinamikası” şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi:

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Cəfər Ağalarov

Rəsmi opponətlər:

• fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof.
(Azərbaycan Texniki Universiteti);

Vaqif Mirsəlimov

• fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof.
(AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutu);

Qabil Əliyev

• fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof.
(Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti).

Asəf Zamanov

Aparıcı təşkilat:

Bakı Dövlət Universitetinin “Tətbiqi analizin riyazi üsulları” kafedrası.

Dissertasiyanın müdafiəsi 28 sentyabr 2018-ci il saat 14⁰⁰-da Azərbaycan MEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun nəzdində elmlər doktoru və fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim olunan dissertasiyaların müdafiəsini keçirən 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 04 iyul 2018-ci il tarixində buraxılıb.

D.01.111 Dissertasiya Şurasının

elmi katibi

dos. Tamilla Həsənova

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Qeyri-bircins mühitlərin dağılması və dinamikası ilə bağlı məsələlər müasir texnikanın bütün sahələrində yaranır. Elmin fundamental və tətbiqi xarakter daşıyan istiqamətlərinin müxtəlif nümayəndələri tərəfindən bu məsələlərə böyük diqqət məhz bununla izah edilir. Bu istiqamətdə alınan nəticələr bir çox ümumiləşdirici monoqrafiyalarda və məqalələrdə dərc olunmuşdur.

S.A.Volmir, M.A.İlqamov, Q.P.Çerepanov, Aşbaux, V.P.Tamuj, S.İ.Rais, S.Atkinson, F.E.Erdoğan V.C.Quliyev, C.H.Ağalarov, S.C.Əkbərov, V.M.Mirsəlimov, M.B.Axundov, M.X.İlyasov və bu kimi bir sıra tədqiqatçılar müxtəlif praktiki vacib məsələlərin tətbiqinə istiqamətlənən qeyri-bircins mühitlərin dağılması və dinamikası ilə bağlı məsələlərin tədqiqində əhəmiyyətli xidmət göstərmişlər.

Dağılma mexanikasının aktual məsələlərindən biri çata malik qeyri-bircins mühitlərin dağılma məsələlərinin tədqiqidir. Bu istiqamətin praktik aspektləri həddən çoxdur. Hal-hazırda bu istiqamətə yönələn əsas işlər çatın uclarında gərginliklər üçün asimptotik ifadələrin qurulmasına, həmçinin hissə-hissə bircins mühitlərdə çatların dayandırılması və onların budaqlanmasına həsr olunmuşdur. Alınan nəticələr mürəkkəb tərkibli konstruksiya elementlərinin dağılma mexanizminin (yorğunluq dağılmasının) araşdırılmasında mühüm rol oynayır. Bundan əlavə, mürəkkəb tərkibli konstruksiya elementlərinin kövrək dağılması zamanı möhkəmliyin artırılması ilə əlaqədar kənar və mərkəzi çatlara malik çoxlaylı materialların kövrək möhkəmliyinin tədqiqi, bu materiallarda çatların dayandırılması prosesi, eyni zamanda müxtəlif mühitlərin sərhəddində adgeziya möhkəmliyinin araşdırılması da mühüm məsələlərdəndir.

Qeyri-bircins materiallar mexanikasının problemləri arasında onların struktur xüsusiyyətləri ilə bağlı məsələlər mühüm yer tutur. Kompozit materiallarda çat mexanikası məsələlərinin riyazi modelləşdirilməsi zamanı struktur xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması vacibdir. Belə xüsusiyyətlərdən biri həmin materiallarda doldurucu layların əyilməsidir. Bu əyilmələr kompozit materialların struktur quruluşu hesabına və yaxud müxtəlif texnoloji faktorların təsiri nəticəsində yaranır. Buna görə də əyri strukturlu kompozit materiallarda çat mexanikası məsələlərinin tədqiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Bundan əlavə, ətraf mühitlə qarşılıqlı təsirdə olan konstruksiyaların hərəkət və rəqslərinin tədqiqi müasir dövrdə həddən artıq aktual məsələlərdəndir.

Maşınqayırmanın və inşaatın müasir sahələrinin təcrübəsi, qurğu və tikililərin elementlərinə onları dolduran və ya əhatə edən mühitdə yayılan dalğaların təsirinin tədqiqini tələb edir.

Konstruksiyaların dinamikasının mürəkkəbliyinə görə onları sərbəstlik dərəcəsi bir olan sistem kimi modelləşdirmək olar. Bundan əlavə, seysmik və partlayış dalğaları ilə qarşılıqlı təsirdə olan yerüstü, yeraltı, silindrik, sferik konstruksiyaları və tutumları bütöv mühitlə təmasda olan, həmçinin, tərkibində elastiki bərkidilmiş kütlə saxlayan bərk daxiletmələr kimi modelləşdirmək olar.

Bununla əlaqədar, məsələni sadələşdirmək məqsədilə qurğular diskret rəqs edən sistem şəklində ifadə olunur, əhatə edən mühit isə ikiölçülü qoyuluşda baxılır. Qurğuların məruz qaldığı təsirlər müxtəlif təbiətli olduğundan, tədqiq edilən məsələlərin qoyuluşu da uyğun olaraq dəyişdirilməlidir.

Yuxarıda qeyd olunanlardan görünür ki, diskret sistemlərin hərəkətini tədqiq etmək üçün yeni modellərin yaradılması zəruridir.

Müasir dövrdə texnikanın inkişafı ilə əlaqədar olaraq, tədqiqatçılar iş şəraitində xarici mühitlə təmasda olan nazik divarlı konstruksiyaların dinamikasının tədqiqinə aid kifayət qədər maraqlı problemlərlə qarşılaşırlar. Örtüklər nəzəriyyəsinin dinamik kontakt məsələləri arasında elastiki bərk mühit və maye ilə təmasda olan nazik divarlı elastiki örtüklərin rəqslərinə aid məsələlər mühüm yer tutur. Bu kontekstdə qeyd olunan konstruksiyaların dinamik sərtlik xarakteristikalarının tədqiqi zamanı ətraf mühitin təsirinin nəzərə alınması vacibdir. Qeyd edək ki, konstruksiyanın dinamik sərtlik xarakteristikalarından biri onun sərbəst rəqs tezliyidir.

Dissertasiya işində yuxarıda göstərilən istiqamətlərdə yerinə yetirilmiş işlərin xülasəsi verilmişdir. Həmin şərhlərin analizi göstərir ki, qeyri-bircins mühitlərin dağılması və dinamikasına aid məsələlər kifayət qədər tədqiq edilməyib. Belə ki, çoxsaylı materialların möhkəmliyini və uzunmüddətliliyini artırmaq üçün həmin materiallarda çatların inkişaf prosesini əlavə tədqiq etmək zəruridir.

Bu istiqamətdə çata malik çoxsaylı materialların dağılma mexanikasına aid yeni məsələlərin qurulması və onların həllərinin tapılması, həmçinin, sonlu uzunluqlu çatları olan əyri strukturlu çoxsaylı

materialların dağılma mexanikası məsələlərinin tədqiqi üçün yeni üsulun işlənməsi və inkişafı tələb olunur.

Bundan əlavə, analiz göstərir ki, deformasiya olunan mühitlərdə diskret sistemlərin, o cümlədən, bütöv mühitlə dinamik qarşılıqlı təsirdə olan örtüklərin bəzi spesifik məsələlərini tədqiq etmək üçün tamamilə yeni bir yanaşma qurulmalıdır. Belə ki, bütöv mühitlə təmasda olan silindrik və sferik örtüklərin sərbəst rəqslərinin məsələlərinə aid əsas nəticələr ədədi üsulla və ya yaxud asimptotik metodla alınmışdır, bu isə bir çox hallarda tədqiq olunan proseslərin keyfiyyət analizinin aparılmasını məhdudlaşdırır.

Qeyri-bircins mühitlərin möhkəmlik və dinamik xarakteristikaları ilə bağlı yuxarıda göstərilmiş problemlərin həlli məsələsinin qoyuluşunun aktuallığını təyin edir.

İşin məqsədi çata malik çoxlaylı materiallarda dağılma prosesini tədqiq etmək üçün, o cümlədən əyri strukturlu çoxlaylı materiallarda dağılma mexanikası məsələlərini tədqiq etmək üçün üsulun işlənməsi və inkişaf etdirilməsindən, deformasiya olunan mühitdə diskret sistemlərin hərəkətini tədqiq etmək üçün yeni model və alqoritm qurulmasından, həmçinin, materialın zədələnmə effektini nəzərə almaqla bütöv mühitlə dinamik qarşılıqlı təsirdə olan örtüklərin hərəkətinə aid bəzi məsələləri tədqiq etməkdən ibarətdir.

Müdafiəyə aşağıdakı nəticələr çıxarılır: aşağıda göstərilənlər daxil olmaqla qeyri-bircins mühitlərin dağılması və dinamikası nəzəriyyəsinin işlənilməsi:

- çoxlaylı materiallarda çatın inkişafına aid bəzi yeni məsələlərin qoyuluşu;
- xətti elastiklik nəzəriyyəsinin dəqiq tənliklərini cəlb etməklə sonlu uzunluqlu çata malik əyri strukturlu kompozitlərdə məsələlərin qoyuluşu və gərginliyin intensivlik əmsalını ($G\Gamma$) ədədi üsulla tədqiq etmək üçün yeni yanaşmanın işlənilməsi;
- gərginliyin intensivlik əmsalına məsələnin fiziki-mexaniki xassələrinin və həndəsi parametrlərinin təsirinin tədqiqi;
- deformasiya olunan mühitlərdə diskret sistemlərin hərəkətinin tədqiqi;
- bütöv mühit-örtüklərin dinamik qarşılıqlı təsirinə aid bəzi məsələlərin tədqiqi;
- bütöv mühitlə təmasda olan örtüklərin sərbəst rəqslərinin məxsusi tezliklərinin təyin edilməsi üçün üsulun işlənilməsi;

Elmi yeniliyi və işin əhəmiyyəti :

- çata malik çoxlaylı materialların dağılma prosesini tədqiq etmək üçün nəzəri və praktik əhəmiyyətli məsələlərin qoyuluşu və həllindən;
- əyri strukturlu kompozit materiallarda sonlu çatların uclarında gərginliyin intensivlik əmsalının tədqiqi üçün alqoritmin işlənilməsindən;
- diskret sistemlərin bütöv mühitlə qarşılıqlı təsir nəzəriyyəsinin işlənilməsindən;
- bütöv mühitlə təmasda olan silindrik və sferik örtüklərin sərbəst rəqslərini tədqiq etmək üçün tərs üsulün tətbiqindən ibarətdir.

Tədqiqat üsulu. İşdə yerdəyişmə və gərginliklərin harmonik funksiyalarla ifadə edilmiş Papkoviç-Neyber formulalarından, harmonik funksiyalar üçün Furye inteqrallarından, çat nəzəriyyəsində superpozisiya prinsipindən, sinqulyar inteqral tənliklər metodundan, dəyişənlərinə ayırma üsulundan, Laplas-Karolson çevirməsindən, örtüklər nəzəriyyəsinin və sıxılan mayenin hərəkət tənlikləri sistemindən istifadə edilmişdir.

Alınmış nəticələrin doğruluğu aşağıdakılarla təsdiqlənir:

- hissə-hissə bircins cisim modeli çərçivəsində xətti elastiklik nəzəriyyəsinin dəqiq tənliklərini tətbiq etməklə;
- qoyulan məsələlərin korrektiliyi, analitik aparatın dəqiqliyi və uyğun dalğa tənliklərinin dəqiq analitik həlləri, aparılan ədədi hesabların zəruri dəqiqliyinin təminatı;
- xüsusi hallarda alınan nəticələrin ədəbiyyatdan məlum olan nəticələrlə və öz aralarında uyğunluğu.

Praktik əhəmiyyəti. Dissertasiya işinin praktik əhəmiyyəti hissə-hissə bircins cisim modeli əsasında çatlı qeyri-bircins mühitlərdə gərginliyin intensivlik əmsalını hesablamağa imkan verən metodikanın yaradılmasından, deformasiya olunan mühitlərdə diskret sistemin hərəkəti nəzəriyyəsinin qurulması ilə müəyyənləşir. Dissertasiyanın nəticələri çoxlaylı materiallardan olan konstruksiya elementlərinin möhkəmlik və uzunmüddətliliyini tədqiq etmək üçün istifadə edilə bilər, həmçinin alınmış nəticələr müxtəlif mühitlərlə qarşılıqlı təsirdə olan qurğuların dinamik sərtlik xarakteristikalarının tədqiqində tətbiq oluna bilər.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas nəticələri AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun ümüminstitut və mexanika üzrə elmi seminarında, həmçinin “Tətbiqi riyaziyyat” (prof.Q.Q.Əliyev) şöbəsinin seminarlarında, BDU-nun “Bütöv mühit mexanikası və nəzəri mexanika” (prof.Y.M.Sevdimaliyev) kafedrasının seminarlarında, AzMİU-nun “Ali riyaziyyat” (prof. F.S.Lətifov) kafedrasının seminarlarında, 4 Ulusal kirilma konf. bildiri-leri (Türkiyə -1999), Proceedings of the 5th Inter. fracture conf. Elazing-Turkey (2001), Proceedings of the 6th Inter. fracture conf.

Konya-Turkey (2003), AMEA-nın müxbir üzvü, prof. İ.T.Məmmədovun anadan olmasının 50-illiyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə Beynəlxalq konfransda (2005), AMEA-nın müxbir üzvü, prof. B.A.İsgəndərovun 70 illik yubileyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə XII Beynəlxalq konfransda (2006), “Riyaziyyat, mexanika və informatikanın müasir problemləri” adlı beynəlxalq simpoziumda (2007), International Scientific Conference, Azerbaijan-Turkey-Ukrainian, Mathematical Analysis, Differential Equations and their Applications, MADEA-7 (Baku-2015), Müasir təbiət elmlərinin aktual problemləri üzrə beynəlxalq elmi konfransda (2017) məruzə edilmişdir

Nəşrlər. Dissertasiya işinin əsas nəticələri siyahısı 32 işdə çap olunmuşdur. İşlərin siyahısı avtoreferatın sonunda verilmişdir.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, üç fəsil, nəticə və 197 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin həcmi 256 səhifədir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə dissertasiyada baxılan məsələlərə aid tədqiqatların qısa xülasəsi verilmişdir. Burada mövzu və dissertasiya işinin məqsədi göstərilmiş, işin aktuallığı, praktiki əhəmiyyəti, elmi yeniliyi, alınan nəticələrin etibarlılığı əsaslandırılmış, eyni zamanda işin fəsilər üzrə əsas qısa məzmunu verilmişdir.

Birinci fəsildə xətti elastiklik nəzəriyyəsinin dəqiq tənliklərini cəlb etməklə, hissə-hissə bircins cisim modeli əsasında xarici normal qüvvənin təsiri istiqamətinə paralel yerləşmiş çatlara malik əyri strukturlu çoxlaylı kompozitlərdə gərginliyin intensivlik əmsalının (G.İ.Ə) təyin edilməsi üçün üsul təklif edilmişdir.

Kompozitin struktur parametrlərindən asılı olaraq, çatın uclarında G.İ.Ə.-nin tədqiqi üçün ədədi hesablar aparılmışdır. Bundan əlavə, gərginliyin intensivlik əmsalına məhəlli əyilmə formasının təsiri də araşdırılmışdır.

1.1.-də kəsişməyən istənilən sayda doldurucu laylarda armirə olunmuş sonsuz elastiki cismə baxılır. Əlaqələndiriciyə aid kəmiyyətləri üst (1) indeksi ilə, doldurucuya aid kəmiyyətləri isə (2) ilə işarə edək. Hər bir laya uyğun layların orta səthi ilə bağlı olan və $Ox_1x_2x_3$ koordinat sistemindən Ox_2 oxu boyu paralel sürüşdürməklə alınan

$O_m^{(k)} x_{1m}^{(k)} x_{2m}^{(k)} x_{3m}^{(k)}$ ($k=1,2; m=1,2,3,\dots$), düzbucaqlı dekart sistemi aid edirik. Qəbul edilir ki, baxılan layların əyilməsi x_3 koordinatından asılı deyil. Fərz edilir ki, armirəli laylar $x_m^{(2)} O_m^{(2)} x_{3m}^{(2)}$ müstəviləri üzrə yerləşir və hər bir doldurucu layın qalınlığı sabitdir. Əlaqələndirici və doldurucu layların materialları bircins, izotrop və xətti elastiki götürülüb.

Sonsuzluqda müntəzəm paylanmış Ox_1 oxu istiqamətində $\langle P \rangle$ intensivlikli normal qüvvələrlə yüklənmiş yuxarıda göstərilən kompozit materiallarda müstəvi deformasiya vəziyyətini araşdıraraq. Qeyd edək ki, burada $\langle P \rangle$ cismin bütün səthi bütün səthi üzrə ortalaşdırılmış gərginlikdir.

Hər bir layda tarazlıq tənliklərini, Hük qanununu və Koşinin həndəsi münasibətlərini yazırıq:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}^{(k)m}}{\partial x_{jm}^{(k)}} = 0; \quad \sigma_{ij}^{(k)m} = \lambda^{(k)m} \theta^{(k)m} \delta_i^j + \mu^{(k)m} \varepsilon_{ij}^{(k)m};$$

$$\varepsilon_{ij}^{(k)m} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i^{(k)m}}{\partial x_{jm}^{(k)}} + \frac{\partial u_j^{(k)m}}{\partial x_{im}^{(k)}} \right); \quad \theta^{(k)m} = \frac{\partial u_i^{(k)m}}{\partial x_{im}^{(k)}}, \quad i, j = 1, 2 \quad (1)$$

(1)-də ümumi qəbul olunmuş işarəmələrdən istifadə edilmişdir.

Fərz edək ki, əlaqələndirici və doldurucu mühit materiallarının ayrılma səthində tam ilişmə şərtləti ödənilir. $m^{(2)}$ -ci layın üst səthini S_m^+ , alt səthini isə S_m^- -ilə işarə edib və $m_1 = m - 1$ daxil etməklə, həmin şərtləri aşağıdakı şəkildə yazırıq:

$$\sigma_{ij}^{(1)m} \Big/_{s_m^+} n_j^{m,+} = \sigma_{ij}^{(2)m} \Big/_{s_m^+} n_j^{m,+}; \quad u_i^{(1)m} \Big/_{s_m^+} = u_i^{(2)m} \Big/_{s_m^+};$$

$$\sigma_{ij}^{(1)m} \Big/_{s_m^-} n_j^{m,-} = \sigma_{ij}^{(2)m} \Big/_{s_m^-} n_j^{m,-}; \quad u_i^{(1)m} \Big/_{s_m^-} = u_i^{(2)m} \Big/_{s_m^-}, \quad (2)$$

burada $n_j^{m,\pm}$ - S_m^\pm səthinin ort normalının komponentləridir.

$m^{(2)}$ doldurucu layın orta səthinin tənliyini belə verək:

$$x_{2m}^{(2)} = F_m(x_{1m}^{(2)}) = \varepsilon f_m(x_{1m}^{(2)}) \quad (3)$$

burada $0 \leq \varepsilon < 1$ – ölçüsüz kiçik parametrdir.

Yuxarıda şərh olunanlardan əlavə, fərz edək ki, əlaqələndirici laylarda $x_{2m}^{(1)} = C_{mn}^{(1)}$ (burada $C_{mn}^{(1)} = const_n$, $n = 1, 2, \dots$) müstəviləri üzrə $2l_{mn}$ sonlu uzunluqlu sərbəst çatlar vardır. Onda (1) – (3) münasibətlərinə çatların üzərində ödənilən aşağıdakı şərtləri əlavə edirik:

$$\sigma_{i2}^{(1)m}(x_{1m}^{(1)}, C_{mn}^{(1)} + 0) = \sigma_{i2}^{(1)m}(x_{1m}^{(1)}, C_{mn}^{(1)} - 0) = 0 \quad (4)$$

burada $x_{1m}^{(1)} \in (a_{nm}, b_{nm})$, $b_{nm} - a_{nm} = 2l_{mn}$; a_{nm}, b_{nm} çatın uyğun olaraq sol və sağ uclarının absisidir.

Beləliklə baxılan kompozitdə çata aid dağılma mexanikası məsələsinin ümumi qoyuluşu bitir. Aşağıda şərh olunmuş qoyuluşda növbəti xüsusi hallara baxaq:

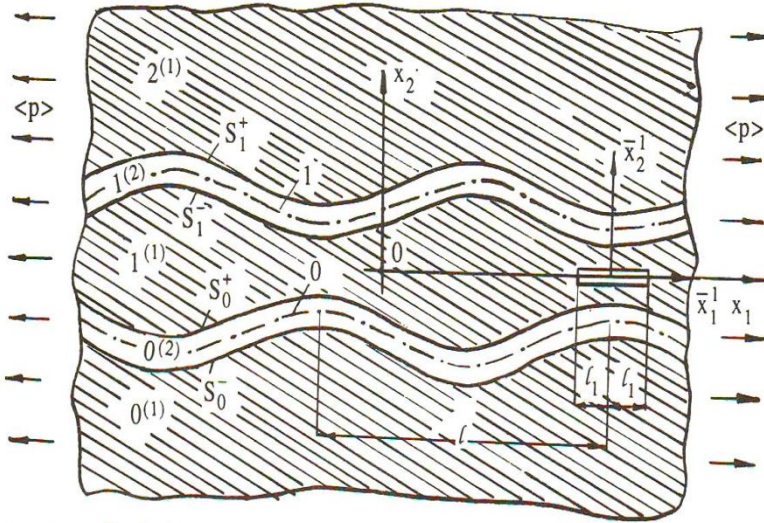
I hal. İki yaxınyerləşən antifaz periodik əyrilikli laylarla armirə olunmuş sonsuz elastiki cisimə baxaq (şəkil.1).

Hər bir doldurucu layın orta səthi və $1^{(1)}$ əlaqələndirici layla uyğun dekart koordinat sistemi bağlayaq. Qəbul edək ki, tarazlıq tənlikləri $0^{(2)}, 1^{(1)}, 1^{(2)}$, və $0^{(1)}$ və $2^{(1)}$ yarıməza həddində ödənilir. $1^{(2)}$ və $0^{(2)}$ laylarının orta səthlərinin tənliklərini uyğun olaraq aşağıdakı şəkildə götürək:

$$x_{21}^{(2)} = \varepsilon l \sin \frac{2\pi}{l} x_{11}^{(2)}, x_{20}^{(2)} = -\varepsilon l \sin \frac{2\pi}{l} x_{10}^{(2)}. \quad (5)$$

burada $\varepsilon = L/l$, L əyilmənin qalxma hündürlüyü, l -orta səthin əyilmə formasının dalğa uzunluğudur. Fərz edək ki, $L < l$.

Yuxarıda şərh edilənləri nəzərə alaraq, aşağıdakı məsələlərə baxırıq.



Şək.1

Məsələ 1. $1^{(1)}$ əlaqələndirici layda $x_{21}^{(1)} = 0$, $3l/4 - l_1 \leq x_{11}^{(1)} \leq 3l/4 + l_1$ - aralığında yerləşən çatın uclarında gərginliyin intensivlik əmsalını təyin etmək tələb olunur, burada $2l_1$ -çatın uzunluğudur. Bu halda (4) şərti aşağıdakı kimi olar:

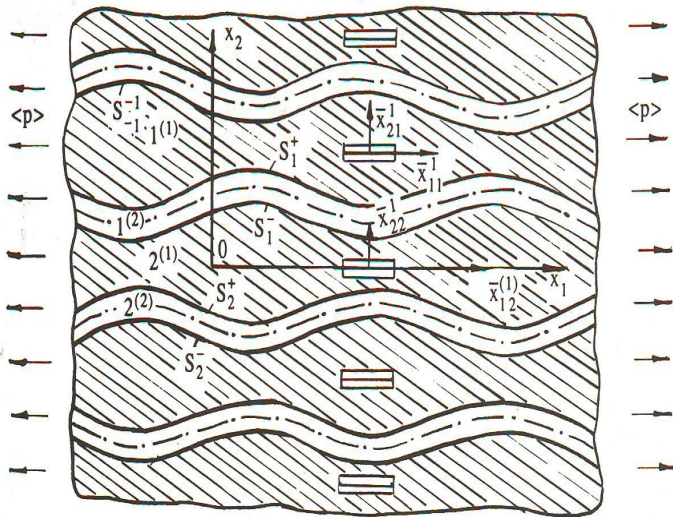
$$\sigma_{i2}^{(1)1}(x_{11}^{(1)}, +0) = \sigma_{i2}^{(1)1}(x_{11}^{(1)}, -0) = 0 \quad (6)$$

$x_{11}^{(1)} \in (3l/4 - l_1, 3l/4 + l_1)$ olduqda

Məsələ 2. $1^{(1)}$ əlaqələndirici layda $x_{21}^{(1)} = 0$, $3l/4 - l_1 \leq x_{11}^{(1)} \leq 3l/4 + l_1$

və $-l/4 - l_1 \leq x_{11}^{(1)} \leq -l/4 + l_1$ aralıklarında yerləşən iki kolleniər çatların uçlarında (qarşılıqlı təsirləri nəzərə almaqla) gərginliyin intensivlik əmsalının təyin edilməsi tələb olunur. Bu halda (6) şərti $x_{11}^{(1)} \in (-l/4 - l_1, -l/4 + l_1)$ aralığında ödənilir.

II hal. Periodik antifaz əyri laylarla növbələnən kompozitə baxaq (şək.2). Hər bir doldurucu və əlaqələndirici layın orta səthinə uyğun $0_m^{(k)} x_{1m}^{(k)} x_{2m}^{(k)}$ dekart koordinat sistemi bağlayaq. Bu koordinat sistemləri $0x_1x_2$ -dən $0x_2$ oxu üzrə paralel sürüşmədən alınır. Şək.2-də göstərilən kompozitdə onun strukturunun periodikliyinə nəzərə alaraq laylardan $0x_2$ oxu istiqamətində $4(H^{(1)} + H^{(2)})$, (burada $2H^{(1)}$ - əlaqələndirici layın orta qalınlığı, $2H^{(2)}$ doldurucu layın qalınlığıdır) periodlu $1^{(1)}, 1^{(2)}, 2^{(1)}, 2^{(2)}$ dörd lay ayrılır və sonrakı mülahizələr onlar üzərində aparılır. $1^{(2)}$ və $2^{(2)}$ doldurucu layların orta səthlərinin tənlikləri uyğun olaraq aşağıdakı şəkildə olar: Şək.2



$$x_{21}^{(2)} = L \sin \frac{2\pi}{l} x_{11}^{(2)} = \varepsilon l \sin \frac{2\pi}{l} x_{11}^{(2)} \quad (7)$$

$$x_{22}^{(2)} = -L \sin \frac{2\pi}{l} x_{12}^{(2)} = -\varepsilon l \sin \frac{2\pi}{l} x_{12}^{(2)} \quad (8)$$

burada L və l əvvəlki halda olan eyni mənanı daşıyır. Yuxarıdakı hala uyğun olaraq burada da növbəti məsələlərə baxılır.

Məsələ 3. Hər əlaqələndirici layda $x_{2m}^{(1)} = 0$, $3l/4 - l_1 \leq x_{1m} \leq 3l/4 + l_1$ aralığında yerləşən çatlın uclarında gərginlik intensivlik əmsalını təyin etməli. Bu halda (4) şərti aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\sigma_{i2}^{(1)m}(x_{1m}^{(1)}, +0) = \sigma_{i2}^{(1)m}(x_{1m}^{(1)}, -0) = 0 \quad (9)$$

burada $x_{1m}^{(1)} \in (3l/4 - l_1, 3l/4 + l_1)$.

Məsələ 4. Doldurucu layların hər birində $x_{2m}^{(1)} = 0$, $-l/4 - l_1 \leq x_{1m}^{(1)} \leq -l/4 + l_1$ və $3l/4 - l_1 \leq x_{1m}^{(1)} \leq 3l/4 + l_1$ aralığında yerləşən iki kollinear çatlın uclarında gərginlik intensivlik

əmsalını təyin etməli. Bu halda (9) şərti $x_{1m}^{(1)} \in (-l/4 - l_1, -l/4 + l_1)$ olduqda ödənilir.

Bu fəsilin növbəti paraqrafları yuxarıda şərh olunan məsələlərin həllinə həsr olunub.

Birinci paraqrafta məsələ 1 və məsələ 2 tədqiq edilir. Bu zaman məlum proseduraya uyğun olaraq qoyulan hər bir məsələnin həlli iki ardıcıl məsələnin həllinə gətirilir. Onlardan birincisi (mərhələ 1) verilən qüvvələrin təsiri altında çat olmayan halda baxılan materialda gərginlik deformasiya vəziyyətini təyin edir və bununla da çat yerləşən zonalarda gərginlikləri təyin edir, ikincisi isə (mərhələ 2) kənarlarında birinci mərhələdən təyin edilən gərginliklər təsir edən çatlara malik göstərilən materiallarda gərginlik vəziyyətini təyin edir.

Hər bir göstərilən mərhələdə axtarılan kəmiyyətlər ε kiçik parametrinə görə ifadə olunur:

$$\left\{ \sigma_{ij}^{(k)m}; \varepsilon_{ij}^{(k)m}; u_i^{k(m)} \right\} = \sum_{q=0}^{\infty} \varepsilon^q \left\{ \sigma_{ij}^{(k)m,q}; \varepsilon_{ij}^{(k)m,q}; u_i^{(k)m,q} \right\} \quad (10)$$

Birinci mərhələdə axtarılan kəmiyyətlər məlum metodla, belə ki, Papkoviç-Neyber formulalarından istifadə edilərək kəmiyyətlərin sıfırıncı və birinci yaxınlaşmaları təyin edilir.

İkinci mərhələdə göstərilmişdir ki, kəmiyyətlər üçün sıfırıncı yaxınlaşmalar eynilik kimi sifirə bərabərdir, kəmiyyətlər üçün birinci yaxınlaşmaları təyin etmək üçün x_1 dəyişəninə görə eksponensial Furye çevirməsini tətbiq etməklə yenə də Papkoviç –Neyber formulalarından istifadə edilir. Beləliklə, axtarılan kəmiyyətləri Furye inteqralları ilə ifadə edərək və aşağıdakı funksiyaları daxil etməklə

$$Q(x_1) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left[U_2^{(1)1,1}(x_1, +0) - U_2^{(1)1,1}(x_1, -0) \right], \quad |x_1| < l$$

$$Q(x_1) = 0, \quad |x_1| > l_1$$

bir sıra çevirmələrdən və dəyişənlərin əvəz olunmasından sonra gərginliyin intensivlik əmsalının tapılması $Q_1(t) = G^{(1)}Q(t)$ (burada $G^{(1)}$ -

əlaqələndirici materialın sürüşmə moduludur) funksiyasına görə aşağıdakı sinqulyar inteqral tənliyin həllinə gətirilir.

$$\int_{-1}^1 \frac{Q_1(t)}{t-x_1} dt + \int_{-1}^1 K(t, x_1) Q_1(t) dt = \sigma(x_1), \quad (11)$$

(11) tənliyinə daxil olan $K(t, x_1)$ və $\sigma(x_1)$ -məlum funksiyalardır. Bu halda yerdəyişmələrin birqiymətlik şərtindən aşağıdakı münasibət yazılır:

$$\int_{-1}^1 Q_1(t) dt = 0. \quad (12)$$

Gərginlik intensivlik əmsalını hesablamaq üçün $Q_1(t)$ funksiyası vasitəsilə ifadə olunan formulalar gətirilmişdir.

Beləliklə, mərhələ 2-də kəmiyyətlər üçün birinci yaxınlaşmaların təyini (11), (12) inteqral tənliyinin həllinə gətirilir. Bu prosesi davam etdirərək göstərmək olar ki, kəmiyyətlər üçün digər yaxınlaşmaların təyini belə şəkildə olan sinqulyar inteqral tənliyin həllinə gətirilir.

1.2 –də məsələnin parametrlərindən asılı olaraq gərginlik intensivlik əmsalının ədədi tədqiqatı aparılmışdır. Konkret hallarda (11), (12) tənliyi həll edilir və bu halda interpolyasiya çoxhədlisinin məlum formulalarına və sinqulyar inteqralların kvadratur formulalarına əsaslanan Multop-Kalandiya alqoritmindən istifadə edilir. Baxılan bütün hallarda $Q_1(x)$ funksiyası aşağıdakı şəkildə axtarılır:

$$Q_1(x) = \frac{q_1(x)}{\sqrt{1-x^2}},$$

burada $q_1(x) - [-1,1]$ parçasında məhdud funksiyadır.

Yuxarıda şərh edilən yanaşma çərçivəsində yalnız birinci yaxınlaşmanı cəlb etməklə alınmış bir sıra ədədi nəticələrə baxılmışdır. Bu halda $E^{(2)}/E^{(1)} = 50$, $\nu^{(1)} = \nu^{(2)} = 0,3$ qəbul edilmişdir.

\bar{K}_{IA} -nın qiymətləri (Məsələ 2.)

$2\pi H^{(1)}$	$2\pi H^{(2)}$	$2\pi l_1/L$
----------------	----------------	--------------

		$\pi/8$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/2$
0.1	0.1	109.06	105.56	97.32	55.21
	0.2	177.97	169.32	159.81	75.47
	0.3	203.41	189.60	175.60	65.3
0.2	0.1	108.47	10.59	98.21	56.62
	0.2	180.93	172.92	160.77	82.03
	0.3	210.39	194.71	173.70	70.23
1	0.1	73.48	73.49	72.20	55.87
	0.2	115.58	114.54	110.02	75.90
	0.3	117.56	114.52	106.33	64.55

\bar{K}_{IB} nın qiymətləri (Məsələ 2.)

$\frac{2\pi H^{(1)}}{l}$	$\frac{2\pi H^{(2)}}{l}$	$2\pi l_1/L$			
		$\pi/8$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/2$
0.1	0.1	108.68	104.49	95.14	55.24
	0.2	173.28	157.23	138.02	92.72
	0.3	192.26	163.25	136.09	99.24
0.2	0.1	108.52	106.05	98.32	56.62

	0.2	178.17	165.77	147.43	94.05
	0.3	204.27	180.19	150.74	97.87
1	0.1	73.58	73.77	72.72	52.43
	0.2	115.90	114.54	110.04	76.51
	0.3	117.53	114.42	106.31	67.48

\overline{K}_{IB} nın qiymətləri (Məsələ 4.)

$\frac{2\pi H^{(1)}}{l}$	$\eta^{(2)}$	$2\pi l_1/L$			
		$\pi/8$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/2$
0.1	0.1	66.55	71.64	84.83	274.80
	0.2	75.02	83.33	100.62	232.06
	0.4	71.71	77.93	89.31	121.37
0.2	0.1	58.48	58.62	58.86	56.23
	0.2	114.81	120.55	136.18	272.83
	0.4	126.88	133.04	147.85	209.56
1	0.1	26.61	26.13	24.78	17.67
	0.2	93.21	93.91	95.72	100.50
	0.4	148.97	149.38	153.40	173.68

Cədvəllərdə $2\pi H^{(1)}/l$; $2\pi H^{(2)}/l$; $\eta^{(2)}$ və $2\pi l_1/l$ -lərin müxtəlif qiymətlərində $2K_I/\left(\sqrt{\pi l_1}\sigma_{11}^{(1),0}\right)$ ifadəsinin qiymətləri gətirilmişdir (burada $\eta^{(2)}$ -kompozitdə doldurucu layların konsentrasiyası, $2l_1$ – çatın uzunluğudur). Qeyd edilən ifadənin köməyi ilə çatın ucları ətrafında σ_{22} gərginlikləri aşağıdakı formulalar vasitəsilə təyin edilir:

$$\sigma_{22}^{(1)2}(x_1, 0) \approx \frac{\varepsilon K_{IA}}{\sqrt{2(x_1 - l_1)}}, \quad 0 < x_1 + l_1 < l$$

$$\sigma_{22}^{(1)2}(x_1, 0) \approx \frac{\varepsilon K_{IB}}{\sqrt{2(l_1 - x_1)}}, \quad 0 < l_1 - x_1 < 1. \quad (14)$$

Həll prosesindən görünür ki,

$$\begin{Bmatrix} K_{IA} \\ K_{IB} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_{IA} \\ K_{IB} \end{Bmatrix} \left(H^{(1)}/l, H^{(2)}/l, \eta^2, l_1/l, E^{(2)}/E^{(1)} \right) \quad (15)$$

Bu isə gərginliyin intensivlik əmsalının dəyişməsinə göstərən gətirilmiş cədvəllərdə öz təsdiqini tapır.

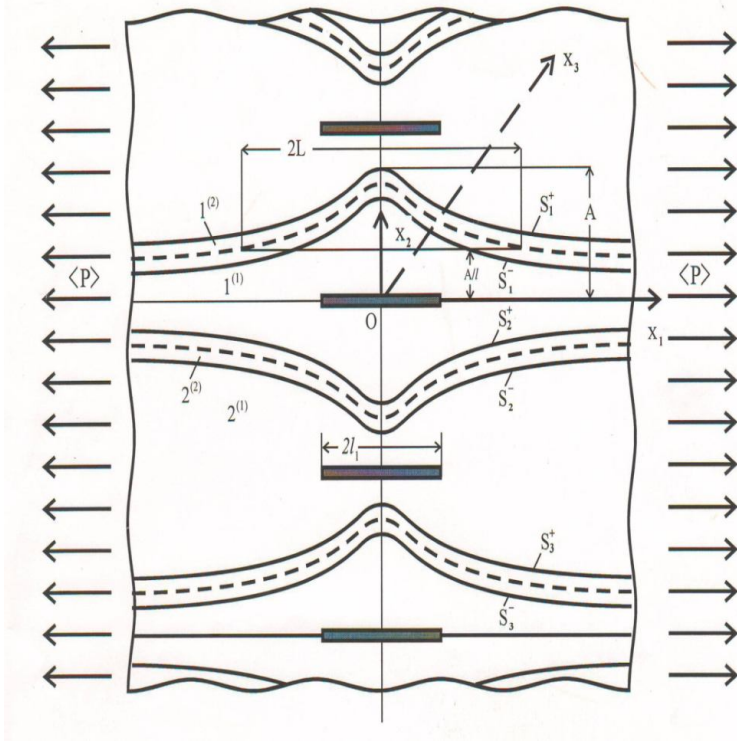
Kompozitin struktur parametrlərindən asılı olaraq çatın uclarında gərginliyin intensivlik əmsalını tədqiq etmək üçün ədədi hesabat aparılmışdır. Alınan ədədi nəticələr öyrənilən prosesin mexanikasına aid bir sıra çıxarışlar etməyə imkan verir:

$2\pi l_1/l$ -kəmiyyətinin elə dəyişmə oblastı vardır ki, həmin oblastlarda çatlar dayanıqlı deyildir;

yuxarıda göstərilən oblastın ölçüsü və yerləşməsi $2\pi H^{(2)}/l$, $\eta^{(2)}$, $E^{(2)}/E^{(1)}$ ($E^{(2)}/E^{(1)}$)- parametrlərinin qiymətlərindən asılıdır.; əlaqələndirici və doldurucu materialların elastiklik modullarının $E^{(2)}/E^{(1)}$ nisbətinin artması zamanı gərginliyin intensivlik əmsalının qiyməti monoton artır.

Müxtəlif kompozitlərin kəsiyinin analizi göstərir ki, biristiqamətli kompozitlərdə əyilmə bir çox hallarda məhəlli xarakter daşıyır.

Bununla əlaqədar 1.3 və 1.4-də məhəlli əyriliyə malik kompozit materiallarda dağılma məsələləri tədqiq edilir. Konkret məsələlərin həlli zamanı yuxarıda təklif edilən yanaşma inkişaf etdirilir. Burada da məsələnin parametrlərindən asılı olaraq çatın uclarında gərginliyin intensivlik əmsalı tapılmışdır (şək.3).



Şək.3. Antifaz növbələnən məhəlli ayrılıqlı kompozitin sxemi.

Doldurucu layın məhəlli ayrılığını xarakterizə edən funksiya aşağıdakı şəkildə götürülmüşdür:

$$F(x_1) = A \exp\left(-\left(x_1/L\right)^{2\delta}\right) \cos(mx_1/L) \quad (16)$$

Qeyd edək ki, (16) ifadəsinə daxil olan m və δ kəmiyyətləri vasitəsilə laylı kompozitlərin kəsiklərində müşahidə edilən müxtəlif məhəlli əyilmə formalarını xarakterizə etmək olar.

Analoji üsulla 1.5-də müstəvi deformasiya halında sonsuz sayda çatlara malik əyriştrukturlu kompozitlərdə gərginliyin intensivlik əmsalının tədqiq olunmasına aid məsələ həll edilmişdir.

II Fəsilə mühüm tətbiqi əhəmiyyətə malik bütöv mühitlə diskret sistemin qarşılıqlı təsir nəzəriyyəsi işlənmişdir. Bu halda yeni modellər təklif olunur, həmçinin , elastiki elementli silindrik və sferik daxiletmələrin bütöv mühitdə qeyri-stasionar hərəkətini tədqiq etmək üçün alqoritm qurulmuşdur.

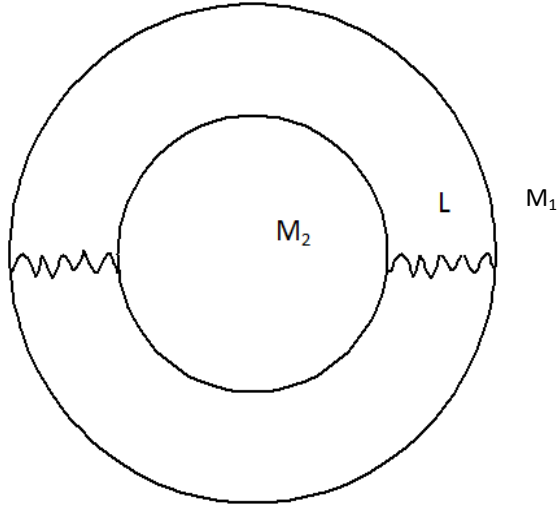
2.1- də daxilində elastiki asılmış kütləyə malik sərt silindrik daxiletmənin hərəkəti tədqiq olunur. Fərz edilir ki, silindir mühitdən ayrılmadan hərəkət edir (şək.4.) .

Baxılan məsələ müstəvi məsələdir. Akustik qoyuluşda mühitin burulğansız hərəkət tənliyi aşağıdakı şəkildədir:

$$\Delta\varphi = \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} \quad (17)$$

burada a - səsə yayılma sürəti, φ -sürət potensialıdır və $\vec{G} = grad \varphi$,

\vec{G} -sürət vektoru , Δ - Laplas operatorudur. Daxiletmənin hərəkəti dalğa keçəndən sonra öyrənilir, bu zaman difraksiya nəzərə alınmır, sonuncu isə keçid prosesi kimi qəbul edilir. Başlanğıc anda hərəkətsiz daxiletmə məlum sürətlə bir istiqamətdə hərəkət edən mühitlə əhatə olunmuşdur.



Şək.4

Nisbilik prinsipinə görə mühitə hərəkətsiz baxaraq, daxiletməyə isə mühitin sürətini vermək olar.

Daxiletmə aşağıdakı qanunla hərəkət edir:

$$\begin{cases} M_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} = P + L(x_2 - x_1) \\ M_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} = -L(x_2 - x_1) \end{cases} \quad (18)$$

M_1 – daxiletmənin kütləsi , M_2 – yaylı cismin kütləsi , x_1 –daxiletmənin yerdəyişməsi , x_2 – yaylı cismin yerdəyişməsi , L – yayın sərtliyi , P – mühitin daxiletməyə təsir qüvvəsidir və r_0 radiuslu silindrik daxiletmə üçün belə təyin olunur:

$$P = r_0 \int_0^{2\pi} p \cos \theta d\theta, \quad \text{harada } p = -\rho \frac{\partial \varphi}{\partial t}, \quad (19)$$

ρ – mühitin sıxlığı , θ - qütb bucağıdır. Mühitin və daxiletmənin səthinə normal istiqamətdə sürətlərin bərabərlik şərti aşağıdakı şəkildədir:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{dx_1}{dt} \cos \theta \quad (20)$$

Beləliklə (19) və (20)-ni nəzərə alaraq (17) tənliyi üçün

$$\varphi|_{t=0} = 0 \quad \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0 \quad (21)$$

başlangıç şərtləri və (18) sərhəd şərtləri əsasında qeyri-stasionar məsələyə baxılır. (17) tənliyi silindrik kordinantlarda aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta^2} = \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} \quad (22)$$

(22) tənliyin həllini belə ifadə etmək olar:

$$\varphi(r, \theta, t) = \varphi_1(r, t) \cos \theta \quad (23)$$

Laplas operatorunun ifadəsini nəzərə alsaq (22) tənliyi aşağıdakı şəkildə düşər:

$$\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \varphi_1}{\partial r} - \frac{1}{r^2} \cdot \varphi_1 = \frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial t^2} \quad (24)$$

(24) tənliyinə Laplas-Karson şevirməsini tətbiq etdikdə alırıq:

$$\overline{\varphi_1}'' + \frac{1}{r} \overline{\varphi_1}' - \left(\frac{p^2}{a^2} + \frac{1}{r^2} \right) \overline{\varphi_1} = 0 \quad (25)$$

Sonsuzluqda məhdudluq şərtini nəzərə almaqla həmin tənliyin həlli

$$\overline{\varphi_1} = CK_1 \left(\frac{pr}{a} \right) \quad (26)$$

şəkilində olar. Burada K_1 - birinci tərtib Makdonald funksiyasıdır.

(23)-ü nəzərə alsaq, (19)-dan alınır:

$$p = -\rho \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} \cdot \cos \theta \quad P = -\rho r_0 \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} \cdot \pi \quad (27)$$

(27), (20) və (23) nəzərə alsaq (18) tənlikləri aşağıdakı şəkildə düşər:

$$\begin{cases} M_1 \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial r \partial t} + \rho r_0 \pi \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} = L(x_2 - x_1) \\ M_2 \frac{\partial^2 x_2}{\partial t^2} + L(x_2 - x_1) = 0 \end{cases} \quad (28)$$

Sonuncu isə Laplas-Karson çevirməsindən sonra

$$\begin{cases} pM_1 \left(\overline{\varphi_1}' - \dot{x}_0 \right) + \rho r_0 \pi p \overline{\varphi_1} = L(\overline{x_2} - \overline{x_1}) \\ M_2 \left(p^2 \overline{x_2} - p\dot{x}_0 \right) + L(\overline{x_2} - \overline{x_1}) = 0 \end{cases} \quad (29)$$

şəkilinə düşər, burada \dot{x}_0 - daxiletmənin başlanğıc sürətidir.

(26)-ya əsasən (29)-dan alarıq:

$$C = \frac{1}{p} \cdot \frac{-\dot{x}_0}{\frac{1}{a} K_0 - pK_1 \cdot \frac{\rho \pi r_0}{L} + \frac{K_1}{p} \left(-\frac{\rho \pi r_0}{M_2} + \frac{1}{r_0} \right)} \quad (30)$$

K0- sıfır tərtibli Makdonald funksiyasıdır.

$\frac{pC(p)}{\dot{x}_0} \rightarrow S(t)$, və (30) ifadəsindəki məxrəcin orjinalını \bar{z} ilə işarə etsək

aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\frac{C \cdot p}{\dot{x}_0} \cdot \bar{z} = 1$$

Onda Borel teoreminə görə alarıq.

$$\frac{d}{dt} \int_0^t S(t - \tau) z(\tau) d\tau = 1.$$

Buradan isə

$$\int_0^t S(t - \tau) z(\tau) d\tau = t + c_1$$

alınır. Məlumdur ki, $t < \frac{r_0}{a}$, olduqda $S = 0$, $z = 0$

$$\int_0^t S(t-\tau) z(\tau) d\tau = t + c_1 \quad (31)$$

Nəzərə alaq ki, $t = \frac{r_0}{a}$ olduqda inteqral sifıra bərabərdir. Bu halda

c_1 belə təyin edilir:

$$c_1 = -\frac{r_0}{a}$$

Aşağıdakı işarələməni daxil edərək

$$t = \frac{r_0 \theta_1}{a}$$

C(p) funksiyasının orjinalını aşağıdakı 1-ci növ Volter inteqral tənliyinin köməyiylə tapırıq :

$$\int_0^{\theta_1} S(\theta_1 - \tau) z(\tau) d\tau = \theta_1 - 1$$

Xüsusi hallara baxaq. Fərz edək ki,

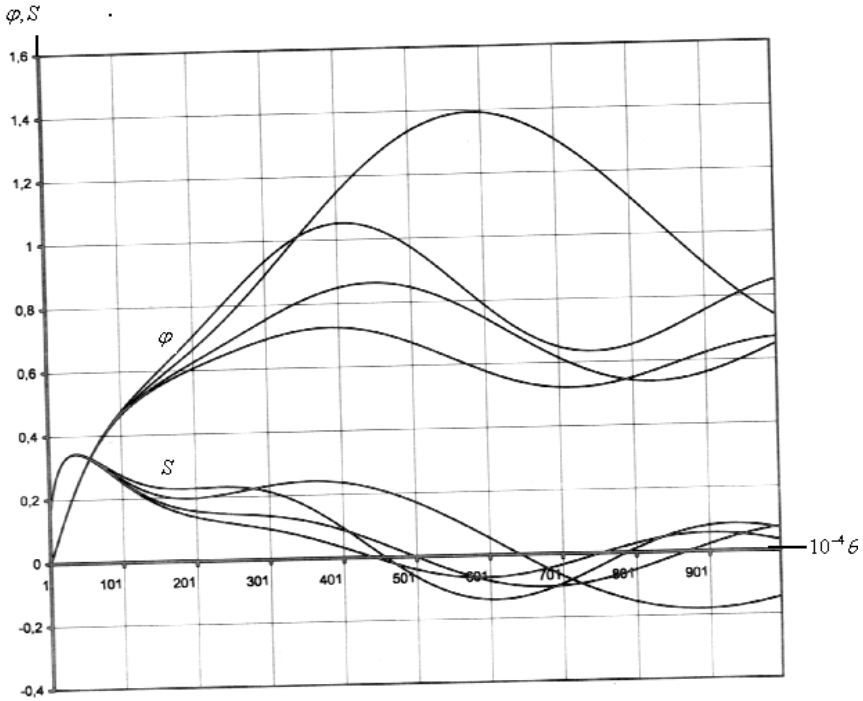
$$\rho = \rho_*, \quad M_1 = M_2, \quad e = \omega\sqrt{2}$$

Onda z funksiyası aşağıdakı şəkildə düşər :

$$-z = \frac{1}{\sqrt{\theta_1^2 - 1}} + 2\sqrt{\theta_1^2 - 1} + \frac{\omega r_0}{a\sqrt{2}} \int_1^{\theta_1} \sqrt{\theta_*^2 - 1} \sin \frac{r_0 \omega \sqrt{2}}{a} (\theta_1 - \theta_*) d\theta_* \quad (32)$$

Şək.5-də $\rho = 1$, $m = \frac{1}{M} = 2; 1; \frac{2}{3}; 0,5$ olan halda S sərhəd

funksiyasının və φ potensialının uyğun olaraq zamandan aslı qrafikləri verilmişdir.



Şək. 5. $\rho = 1$ olduqda S sərhəd funksiyasının və φ potensialının zamandan asılılıq qrafikləri.

Qrafikdən görüldüyü kimi S sərhəd funksiyası başlanğıc meyillənmədən sonra sönən rəqs edərək sifıra yaxınlaşır, φ potensialı isə rəqs etməklə ρ və $\frac{1}{M}$ kəmiyyətlərinin qiymətlərindən asılı olaraq sabitə yaxınlaşır. $\frac{1}{M}$ nibi kütlənin qiyməti azaldıqca yuxarıda qeyd edilən funksiyalar kiçik amplitudalarla rəqs edir.

Bu paraqrafda həmçinin yuxarıda təsvir edilən sistemin akustik mühitdə sərbəst rəqsləri tədqiq olunmuşdur.

Baxılan məsələ müstəvi məsələsidir, mayenin hərəkəti isə potensiallıdır. Mayenin hərəkət tənliyi (17) dalğa tənliyi ilə ifadə edilir.

Maye ilə silindrin kontakt zonasında mayenin və daxiletmənin

normal istiqamətdə sürətləri bərabərdir. Sistemin harmonik rəqslərinə baxaraq tezlik üçün transendent tənlik alınmışdır. Məsələ tərs üsulla həll edilir, başqa sözlə, transendent tənliyi həll etmədən maye olmayan halda sistemin tezliyi ilə əsas sistemin tezliyi ilə analitik ifadə edilir.

Sistemin məxsusi tezliklərini tapmaq məqsədi ilə dəyişənlərinə ayırma üsulu tətbiq edilir. Beləliklə (22) tənliyin həllini aşağıdakı şəkildə ifadə etmək olar:

$$\varphi(r, \theta, t) = R(r)e^{i\omega t} \cos \theta \quad (33)$$

Yerdəyişmələri uyğun olaraq aşağıdakı şəkildə ifadə etmək olar:

$$x_1 = Be^{i\omega t}; \quad x_2 = Ce^{i\omega t}$$

burada B, C – naməlum sabitlərdir.

(33)-ü (22)-də nəzərəalsaq onda (22) tənliyi aşağıdakı şəkildə düşər:

$$R'' + \frac{1}{r_1} R' + \left(1 - \frac{1}{r_1^2}\right) R = 0 \quad (34)$$

burada $r = \frac{a}{\omega} r_1$ (34) tənliyin həllini aşağıdakı şəkildədir:

$$R = EJ_1\left(\frac{\omega r}{a}\right) + DN_1\left(\frac{\omega r}{a}\right) \quad (35)$$

burada E, D - naməlumdur və təyin edilməlidir.

$$J_1\left(\frac{\omega r}{a}\right), N_1\left(\frac{\omega r}{a}\right) - \text{Bessel və Neyman funksiyalarıdır.}$$

(19)-u nəzərə alaraq (33)-ü (18) və (20)-də yazmaqla E, B, C, D sabitlərinə görə aşağıdakı xətti bircins tənliklər sistemini alırıq:

$$\begin{cases} (M_1\omega^2 - L)B + \rho r_0 \pi R i \omega + LC = 0 \\ LB + C(M_2\omega^2 - L) = 0 \\ R' - i\omega B = 0 \\ R' = 0 \end{cases} \quad (36)$$

(36) sisteminin sıfırdan fərqli həllini almaq üçün qeyd edilən sistemin baş determinantını sıfıra bərabər edirik.

Nəticədə tezlik tənliyini alırıq:

$$\begin{aligned}
 & J_1' \left(\frac{\omega r_0}{a} \right) N_1' \left(\frac{\omega r_1}{a} \right) \left(M_1 M_2 \omega^4 - L_2 \omega^2 (M_1 + M_2) \right) - \\
 & - J_1' \left(\frac{\omega r_1}{a} \right) N_1' \left(\frac{\omega r_0}{a} \right) \left(M_1 M_2 \omega^4 - L_2 \omega^2 (M_1 + M_2) \right) - \\
 & - J_1' \left(\frac{\omega r_1}{a} \right) N_1' \left(\frac{\omega r_0}{a} \right) \rho \pi r_0 \left(M_2 \omega^2 - L \right) \omega^2 = 0
 \end{aligned} \quad (37)$$

Aşağıdakı işarələmələri daxil edək:

$$\frac{L}{M_1} = k_1^2, \quad \frac{L}{M_2} = k_2^2, \quad \frac{L}{\rho r_0^2 \pi} = k_0^2, \quad m = \frac{\rho \pi r_0}{M_1}$$

Onda (37) tənliyi aşağıdakı şəkildə olar:

$$\begin{aligned}
 & \left(- J_1' \left(\frac{\omega r_1}{a} \right) N_1' \left(\frac{\omega r_0}{a} \right) \right) \left(\omega^4 - \omega^2 \left(- 2 k_3^2 \right) + k_1^2 k_2^2 \right) - \\
 & - m \frac{1}{r_0} \left(\omega^4 - \omega^2 k_2^2 \right) = 0 \\
 & J_1' \left(\frac{\omega r_0}{a} \right) N_1' \left(\frac{\omega r_1}{a} \right) \left(\omega^2 - k_1^2 - k_2^2 \right) - J_1' \left(\frac{\omega r_1}{a} \right) N_1' \left(\frac{\omega r_0}{a} \right) \left(\omega^2 - \right. \\
 & \left. - k_1^2 - k_2^2 \right) - J_1' \left(\frac{\omega r_1}{a} \right) N_1' \left(\frac{\omega r_0}{a} \right) m \frac{1}{r_0} \left(\omega^2 - k_2^2 \right) = 0
 \end{aligned} \quad (38)$$

Ölçüsüz kəmiyyətlərə keçək:

$$\frac{\omega r_0}{a} = \bar{\omega}, \quad \bar{k}_1 = \frac{k_1 r_0}{a}, \quad \bar{k}_2 = \frac{k_2 r_0}{a}, \quad \bar{k}_0 = \frac{k_0 r_0}{a}, \quad \frac{\omega r_1}{a} = \bar{\omega}_1$$

Nəticədə (38) tənliyi aşağıdakı şəkildə yazılar:

$$\bar{k} = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} \quad (39)$$

Transendent tənliyi həll etmək üçün bir çox müəlliflər təqribi üsullara, xüsusi halda isə asimptotik metodlara müraciət edirlər. Lakin məsələnin tərs üsulla həlli spektrlərin qrafiklərini qurmağa imkan verir, bu isə tədqiqatı o cümlədən tezliklərin təyin edilməsini sadələşdirir.

Məsələnin parametrlərinin bəzi qiymətlərindən \bar{k} parametrinin 0–250 intervalında, $\bar{\omega}$ xəttinin 0–0,6 intervalında olan qiymətlərində

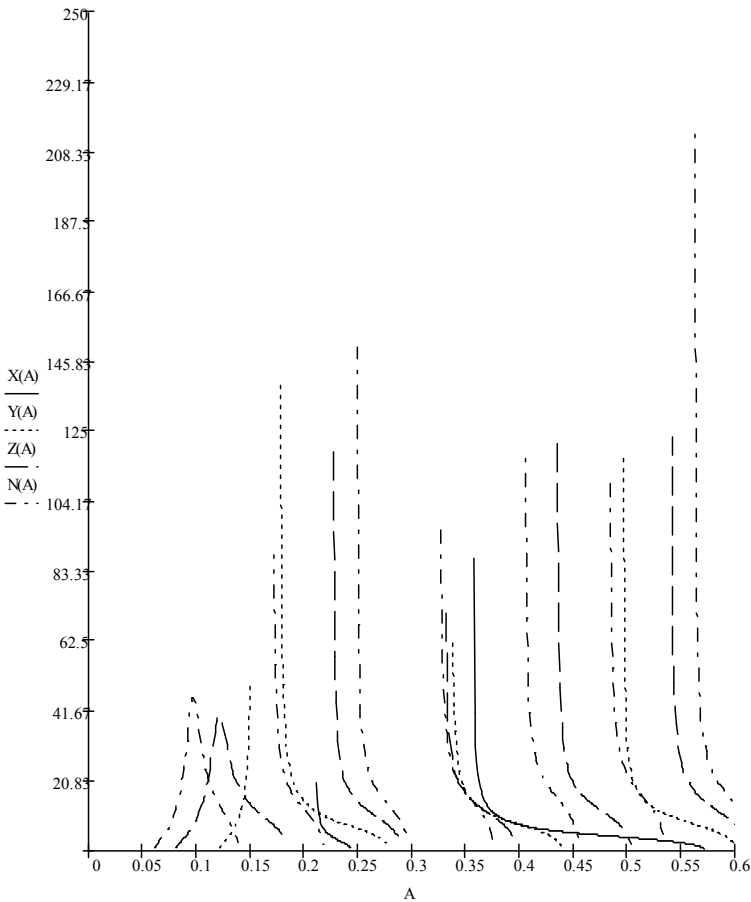
$\bar{k} - \bar{\omega}$ asılılıq qrafiki qurulub (şək.6.) , burada $\bar{\omega} = A$

$$\bar{k} = X(A), b=2, m=1, c=10,$$

$$\bar{k} = Y(A), b=2, m=1, c=20,$$

$$\bar{k} = Z(A), b=2, m=1, c=30,$$

$$\bar{k} = N(A), b=2, m=1, c=40,$$



Şək. 6. Osilliyatorun \bar{k} tezliyinin sistemin $\bar{\omega}$ tezliyindən asılılıq qrafiki.

Şəkildən görünür ki, birinci moda da $\bar{\omega}$ xətti artıqca, \bar{k} artır. Növbəti modalar da $\bar{\omega}$ artdıqca, \bar{k} azalır. Bunu isə mühitin və osilliyatorun bir-birinə qarşı hərəkət etməsilə izah etmək olar. Şəkildəki ayrıların sayı mühidə duran dalğaların düyünlərinin sayına uyğundur.

Şəkil 6-dan görünür ki, rəqslərin müxtəlif modaları absisləri dayanan dalğaların səthlərindəki düyünlərə uyğun gələn şaquliasimptotlara malikdir. $\bar{k} - \bar{\omega}$ qrafikindən osilliyatorun \bar{k} tezliyinin verilmiş qiymətlərində, sistemin tezliyini təyin etmək üçün, ordinatı \bar{k} olan horizontal paralel xətlər çəkilir və həmin horizontal xətlərlə $\bar{k} - \bar{\omega}$ qrafikinin kəsişmə nöqtələri təyin edilir. Beləliklə sistemin $\omega_k = \frac{\bar{\omega}_k a}{r_0}$

məxsusi rəqslərinin tezliklərinin spektrini hesablamaq olar.

Bundan əlavə 2.2-2.7 paraqraflarında bütöv mühidə yerləşən elastiki asılmış yükə malik silindirik, sferik, konik daxiletmələrin sərbəst rəqsləri tədqiq edilmişdir. Eyni zamanda aralarında maye olan və elastiki bərkidilmiş konsentrik silindir və sferaların da sərbəst rəqsləri öyrənilmişdir.

Baxılan bütöv məsələlər üçün tezlik tənliyi çıxarılmış, hesabat aparılmış osilliyatorun tezliyi ilə sistemin tezliyi arasında asılılıq qrafiki qurulmuşdur.

Bu fəsildə eyni zamanda mayədə səthi dalğanın təsiri ilə şaquli vəziyyətini saxlayan səth silindrin hərəkətinə aid məsələyə baxılmışdır. Məsələ inteqral çevirməsinin köməyi ilə həll edilir. Surətin məxrəci cədvəl funksiyalarıdır, təqribi üsulla həll edilən birinci növ Volter tipli inteqral tənliyindən istifadə edilir.

III Fəsildə bütöv mühitlə qarşılıqlı təsirdə olan silindirik və sferik örtüklərin bəzi dinamik məsələləri tədqiq olunur.

3.1-də daxilində sıxılan maye ilə sonlu uzunluqlu nazik divarlı silindirik örtüyün sərbəst rəqslərinə baxılır.

Silindirik örtüyün rəqs tənliyi aşağıdakı şəkildədir:

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + \frac{1-\mu}{2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \left(\frac{1+\mu}{2} - \frac{1-\mu}{2} \cdot \frac{\beta^2}{3} \right) \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial \xi \partial \varphi} - \mu \frac{\partial W}{\partial \xi} - \frac{1-\mu}{2} \cdot \frac{\beta^3}{3} \cdot \frac{\partial^3 W}{\partial \xi \partial \varphi^2} = \frac{\rho r^2 (1-\mu^2)}{2Eh} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\
& \frac{1+\mu}{2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \varphi} + \frac{1-\mu}{2} \cdot (1+\beta^2) \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial \xi^2} + \left(1 + \frac{\beta^2}{3} \right) \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial \xi^2} - \frac{\partial W}{\partial \varphi} + \frac{\beta^3}{3} \cdot \frac{\partial^3 W}{\partial \varphi^3} - \frac{3-\mu}{2} \cdot \frac{\beta^2}{3} \cdot \frac{\partial^3 W}{\partial \xi^2 \partial \varphi} = \\
& = \frac{\rho r^2 (1-\mu^2)}{2Eh} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial t^2} \\
& \mu \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial \vartheta}{\partial \varphi} - \frac{\beta^2}{3} \cdot \frac{\partial^3 \vartheta}{\partial \varphi^3} - \frac{2-\mu}{3} \cdot \beta^2 \cdot \frac{\partial^3 \vartheta}{\partial \varphi \partial \xi^2} - \\
& - \frac{2}{3} \cdot \beta^2 \cdot \frac{\partial^4 W}{\partial \varphi^2 \partial \xi^2} - \frac{\beta^2}{3} \cdot \frac{\partial^4 W}{\partial \xi^4} - W - \frac{\beta^2}{3} \cdot \frac{\partial^4 W}{\partial \varphi^4} = \\
& = \frac{r^2 (1-\mu)^2}{2Eh} \cdot \left(\rho \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} - p \right)
\end{aligned} \tag{40}$$

Fərz edək ki, maye potensiallıdır və konyektiv hədləri nəzərə almasaq mayenin təzyiqini aşağıdakı kimi qəbul etmək olar:

$$p = -\rho_* \frac{\partial \Phi}{\partial t} \tag{41}$$

Burada ρ_* - mayenin sıxlığı, Φ - mayenin sürət potensialıdır.

Maye dinamikasına akustik qoyuluşda baxılır.

Mayenin hərəkəti potensiallı olan halda sürətlər meydanını təsvir etmək üçün yalnız bir skalyar dalğa tənliyindən istifadə edilir:

$$\Delta \Phi = \frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} \tag{42}$$

burada a - səsin yayılma sürətidir.

Fərz edək ki, silindrik örtük bərkidilmişdir, başqa sözlə, bu örtük $\xi = 0$, $\xi = \frac{\ell}{r}$ iki paralel dairə üzrə bərkidilib. Bu halda hesab edilir ki, dayaqlar üzərində sürüşmə var, deformasiya və əyici moment yoxdur, onda aşağıdakı şərtləri qəbul edə bilərik:

$$\frac{\partial u}{\partial \xi} = 0, \vartheta = 0, W = 0, \frac{\partial^2 W}{\partial \xi^2} = 0$$

Bu halda (40) tənliklər sisteminin və (42) tənliyinin həlləri uyğun olaraq aşağıdakı şəkildə axtarılır:

$$\begin{aligned} u &= A \cos m v \xi \sin n \varphi \sin \omega t \\ \mathcal{G} &= B \sin m v \xi \cos n \varphi \sin \omega t \end{aligned} \quad (43)$$

$$\begin{aligned} W &= C \sin m v \xi \sin n \varphi \sin \omega t \\ \Phi &= D(r) \sin m v \xi \sin n \varphi \cos \omega t \end{aligned} \quad (44)$$

İkinci fəsildə təklif olunmuş üsuldən istifadə edərək maye olmayan halda örtüyün tezliyi ilə sistemin sərbəst rəqslər tezliyini əlaqələndirən tənlik alınmışdır. Məsələnin tərs üsulla həlli spektrlərin qrafiklərini qurmağa imkan verir, bu isə tədqiqatı o cümlədən tezliklərin təyin edilməsini sadələşdirir. Məsələnin ədədi analizi aparılıb. Sistemin parametrlərinin bəzi qiymətlərində məxsusi rəqslərin tezliyi təyin edilmiş, həmçinin silindrin sərbəst rəqslərinin tezliyinə onun sıxlığının və ölçülərinin təsiri araşdırılmışdır. Burada sıxılan maye ilə doldurulmuş nazik divarlı sonsuz uzun silindrik örtüyün radial oxu simmetrik sərbəst rəqsləri də tədqiq edilmişdir.

Nəticədə aşağıdakı tezlik tənliyi alınmışdır:

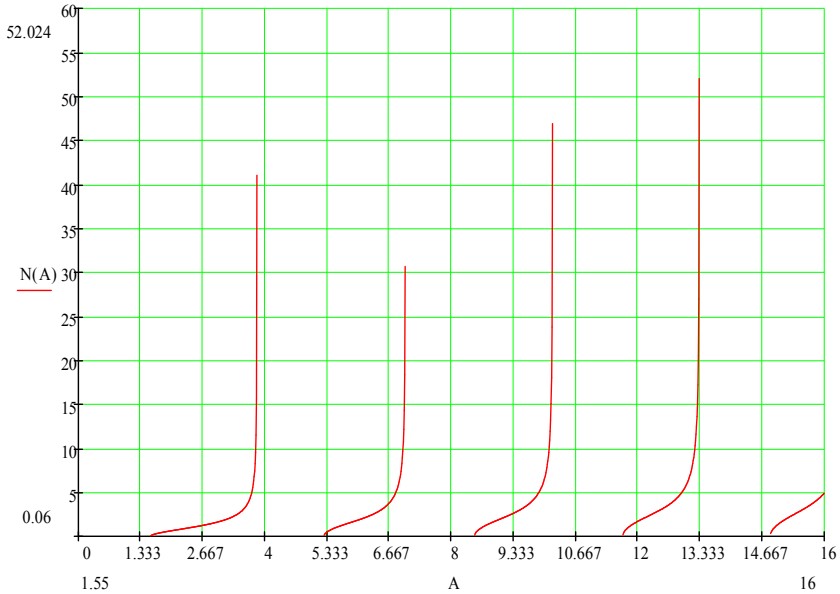
$$J_1 \frac{\omega}{a} \left(\frac{1}{R^2} + b^2 R^2 - \frac{v^2}{R^2} \right) - J_1 \frac{\omega}{a} \frac{1-v^2}{E} \rho \omega^2 + \frac{1-v^2}{Eh} \rho_c \omega^2 J_0 = 0 \quad (45)$$

Maye olmayan halda örtüyün sərbəst rəqslərinin tezliyini ω_0 ilə işarə edək.

Onda

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\omega^2 J_1 \left(\frac{\omega R}{a} \right) \rho h - \rho_c J_0 \left(\frac{\omega R}{a} \right) a \omega}{J_1 \left(\frac{\omega R}{a} \right) h \rho}} \quad (46)$$

(46) tənliyi maye olmayan halda örtüyün sərbəst rəqslərinin tezliyinin sistemin sərbəst rəqslərinin tezliyindən asılılığını göstərir. Məsələnin parametrlərinin bəzi qiymətlərində bu asılılıq qrafiki qurulmuşdur (şək.7).



Şək. 7. Maye olmayan halda örtüyün $N(A)$ tezliyinin sistemin A sərbəst rəqslərinin tezliyindən asılılığı

Qrafiklərdən görünür ki, örtüyün sərtliyinin artması hesabına sistemin tezliyi əvvəlcə xəttiliyə yaxın qanunla artır, sonra bu artım zəifləyir və asimptotik sabit kəmiyyətə yaxınlaşır.

3.2-də analoji üsulla elastiki mühitlə doldurulmuş nazikdivarlı elastiki sferik örtüyün sərbəst rəqsləri tədqiq olunur. Bu halda doldurucunun xassəsi örtük materialının xassəsindən fərqlidir. Bu oblastda məlum həllər ədədi üsullarla alınmış və ya yüksək tərtibli modalar üçün asimptotik xarakterlidir. Burada isə məsələnin doldurucu olmayan və olan halda tezliklərin asılılığını ifadə edən dəqiq analitik həlli qurulur. Nəticə iki spektr əyrisi şəklində təsvir edilir.

3.3.-də sərbəst səthli maye olan elastiki örtüyün sərbəst rəqsləri öyrənilir. Burada qəbul edilir ki, silindr hamar müstəvidə dayanıb. Silindrin hərəkəti zamanı onun doğuranları paralelliyini saxlayır. Mayenin silindrdəki hərəkəti uzun dalğalar nəzəriyyəsi ilə ifadə edilir. Məsələ tərs

üsulla həll edilir. Bu üsul $\omega_0(\omega)$ spektrlər əyrisini analiz etməyə imkan verir və baxılan məsələdə alınan transcendent tənliyi həll etmədən lazım olan tezliyi almaq üçün konstruksiyanın parametrlərinin təyin edilməsini təmin edir.

3.4 və 3.5-də sıxılan maye ilə doldurulmuş sferik örtüyün, həmçinin aralarında maye olan iki konsentrik silindrik örtüklərin sərbəst rəqsləri tədqiq olunmuşdur. Hər iki halda məsələnin həllində tərs üsuldan istifadə edilib. Sistemin parametrlərinin bəzi qiymətlərində sərbəst rəqslərin tezliyi təyin edilir, həmçinin örtüklərin sərbəst rəqslərinin tezliyinə sistemin həndəsi və fiziki parametrlərinin təsiri araşdırılır.

3.6-da variasiya prinsipinin köməyi ilə özlü maye ilə doldurulmuş boyuna möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik örtüyün sərbəst rəqslərinə aid məsələ həll edilmişdir. Ostraqradski-Hamilton variasiya prinsipi əsasında tezlik tənliyi qurulmuş və ədədi həll edilmişdir. Maye tərəfdən silindrik örtüyə təsir edən səthi qüvvələr xəttiləşdirilmiş Navye-Stoks tənliklərinin həllindən təyin edilir.

Qəbul edilir ki, sistemin gərginlik-deformasiya vəziyyətini Kirhov-Lyav hipotezinə əsaslanan xətti elastiki nazik örtüklər nəzəriyyəsi çərçivəsində tam təyin etmək olar, millərin hesabında isə əyrixətli çubuqlar üçün Kirhov-Klebş nəzəriyyəsi tətbiq olunur.

Elastiklik modullarının müxtəlif nisbətlərində rəqsin tezlik parametrlərinin boyuna tillərin sayından asılılıq qrafiki qurulmuşdur.

Hesabat göstərir ki, maye materialının özlülüyünün nəzərə alınması sistemin sərbəst rəqsləri tezliyinin ideal maye ilə müqayisədə azalmasına səbəb olur. Bundan əlavə, $\frac{E_1}{E_2}$ nisbətinin artması zamanı sistemin sərbəst

rəqslərinin tezliyi artır. Boyuna millərin sayının artması ilə sistemin məxsusi rəqslərinin tezliyi əvvəlcə artır, sonra isə azalır. Bu onunla izah edilir ki, kl – lərin artması zamanı sistemin rəqs prosesinə çubuqların ətalət təsiri özünü göstərir.

Ostraqradski-Hamilton variasiya prinsipinin köməyi ilə 3.7-də xarici qüvvənin təsiri ilə özlü maye doldurulmuş boyuna möhkəmləndirilmiş, zədələnən ortotrop silindrik örtüyün parametrik rəqslərinə aid məsələ həll olunur. Bu halda örtük materialının elastiklik

modullarının, zədələnmənin, millərin sayının tezlik tənliyinin köklərinə təsiri öyrənilir.

Dissertasiyanın sonunda əsas nəticələr göstərilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Xətti elastiklik nəzəriyyəsinin dəqiq tənliklərini cəlb etməklə, hissə-hissə bircins cisim modeli əsasında çata malik antifaz periodik ayrılıqlı növbələnən kompozitlərdə gərginliyin intensivlik əmsalının təyin edilməsinə aid bir sıra məsələlərin həll edilməsi üçün üsul təklif edilmişdir. Həmin yanaşma məhəlli ayrıliyə malik kompozitlərdəki sonlu çatların uclarında gərginliyin intensivlik əmsalının ədədi tədqiqi üçün istifadə edilmişdir. Bu halda qəbul edilir ki, kompozit material doldurucular boyu istiqamətdə yalnız biroxlular dartılma-sıxılmaya məruz qalır, çatın kənarları təsir edən xarici qüvvənin istiqamətinə paraleldir. Kompozitin struktur parametrlərindən asılı olaraq, çatların uclarında GİƏ-nin ədədi tədqiqi aparılmışdır. Təyin edilmişdir ki, əlaqələndirici və doldurucu materiallarının elastiklik modullarının $E^{(2)}/E^{(1)}$ nisbətində artması nəticəsində GİƏ-nin qiyməti monoton artır. GİƏ kompozitdə doldurucunun konsentrasiyasından (b.s. $\eta^{(2)}$ -dən) qeyri monoton asılıdır; kolleniya çatları arasındakı qarşılıqlı təsirin hesabına $\eta^{(2)}$ və $2\pi H^{(2)}/l$ kəmiyyətlərinin müxtəlif qiymətlərində gərginliyin intensivlik əmsalının $2\pi l_1/l$ -dən (burada $2l_1$ -çatın uzunluğu, l -əyilmə formasının dalğa uzunluğu) asılılığı müxtəlif xarakterə malikdir; δ parametrinin dəyişməsinin təsiri cüzdür.

Bütöv mühitlə diskret sistemin qarşılıqlı təsir nəzəriyyəsi işlənilib. Yeni modellər təklif edilib, həmçinin elastiki asılmış kütləyə malik silindrik və sferik daxiletmələrin bütöv mühitdə qeyri-stasionar hərəkətini təyin etmək alqoritmi qurulub. Zəmindən asılı olaraq sərhəd funksiyası, potensiallar və yerdəyişmələr hesablanmış və onların asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.

Təyin edilmişdir:

Qeyri-stasionar hərəkət zamanı osilyatorun həm sönən harmonik, həm də an-harmonik rəqsləri yaranır;

Göstərilmişdir ki, sərhəd funksiyası sıfırdan başlayaraq artır, sonra sönən rəqslə bitir;

Yayla bərkidilmiş kütləyə malik sferik, silindrik daxiletmələrin bütöv mühitdə məxsusi rəqslərini tədqiq etmək üçün tərs üsul işlənmişdir. Sistemin sərbəst rəqslərinin tezliyi ilə mühitin təsiri olmayan halda elastiki bərkidilmiş daxiletmələrin sərbəst rəqslərinin tezliyi arasında asılılıq qurulmuşdur. Bu üsulun köməyi ilə aralarında maye olan elastiki bağlanmış konsentrik sferaların sərbəst rəqsləri tədqiq edilib. Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilib:

Tərs üsul tezliklər spektrinin qrafikini qurmağa imkan verir;

Osilyatorun \bar{k} tezliyi ilə sistemin $\bar{\omega}$ tezliyi arasında asılılıq qrafiki qurulub. Müəyyən olunub ki, birinci modada $\bar{\omega}$ -nin artması ilə \bar{k} artır.

Növbəti modalarda $\bar{\omega}$ -nin artması ilə \bar{k} azalır. Bu isə daxiletmə və mühitin qarşı-qarşıya hərəkət etməsindən irəli gəlir. Müxtəlif modalar dayanan dalğalar səthinin düyünlərinə uyğun olan şaquli asimptotlara malikdir.

Elastiki bərkidilmənin məxsusi tezliklərə təsirini bilməklə, vibrasiya vəziyyətində mümkün olan rezonansın qarşısını almaq üçün konstruksiyanın bərkidilmə sərtliyinin xarakterini müəyyənləşdirmək olar; yayın sərtliyinin azalması zamanı sistemin məxsusi rəqslərinin tezliyi artır;

Tərs üsulun köməyi ilə mühitlə doldurulmuş nazikdivarlı silindrik və sferik örtüklərin sərbəst rəqsləri tədqiq olunub. Bundan əlavə, içərisində sərbəst səthli maye olan silindrik örtüyün sərbəst rəqslərinin tezliyi ilə sistemin sərbəst rəqslərini tezliyi arasında əlaqə tapılmışdır. Nəticələrin analizi göstərir:

Örtüyün sərtliyinin artması nəticəsində örtük-mühit sisteminin tezliyi xəttiliyə yaxın qanunla artır, sonra isə artım zəifləyərək, mütləq bərk sərhəddə sistemin rəqs tezliyinə bərabər olan sabit kəmiyyətə asimptotik yaxınlaşır.

Maye ilə doldurulmuş sferik örtüyün sərbəst rəqsləri zamanı sistemin tezliyi asimptotik olaraq müəyyən sabit qiymətə qədər yüksəlir, lakin mayedə dalğaların böyük sürəti zamanı tezlik örtüyün tezliyinin böyük qiymətlərinə uyğun sabitə yaxınlaşır.

Ostrogradski-Hamilton variasiya prinsipi əsasında özlü maye ilə doldurulmuş boyuna millərlə möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik örtüyün rəqsinin tezlik tənliyi qurulmuşdur. Bu halda baxılan konstruksiyanın rəqs prosesinə mayenin özlüyünün, örtük materiallarının xassələrinin və boyuna millərin sayının təsiri tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki;

Mayenin özlülüynun nəzərə alınması sistemin sərbəst rəqsləri tezliyinin ideal maye olan haldakına nisbətən azalmasına gətirir. materialların elastik modulları nisbətinin artması nəticəsində sistemin sərbəst rəqslərinin tezliyi artır.

Boyuna millərin k_1 sayının artması hesabına sistemin tezliyi əvvəlcə artır, ancaq sonra k_1 -lərin müəyyən qiymətlərində azalmağa başlayır. Bu isə k_1 -lərin artması nəticəsində çubuqların inersiya qüvvəsinin sistemin rəqs prosesinə ciddi təsir etdiyini göstərir.

Variasiya prinsipi əsasında özlü maye ilə dolu boyuna tillərlə möhkəmləndirilmiş zədələnmiş ortotrop silindrik örtüyün parametrik rəqsinə aid məsələ həll edilmişdir. Sistemin tezlik parametrinin elastiklik parametrinin elastiklik modullarının müxtəlif nisbətlərində boyuna çubuqların sayından asılılığı ədədi olaraq müəyyən edilmişdir. Analizlərin nəticələri aşağıdakı çıxarışları etməyə imkan verir:

Örtük materiallarının zədələnməsinin nəzərə alınması sistemin məxsusi rəqsləri tezliyinin zədələnmə olmayan hal ilə müqayisədə azalmasına səbəb olur; $\frac{E_1}{E_2}$ modullar nisbətinin azalması zamanı sistemin məxsusi rəqs tezliyi artır.

Sonda müəllif elmi məsləhətçisi f. r. e. d, professor C.H.Ağalarova işə göstərdiyi diqqətə və dəyərli məsləhətlərinə görə dərin təşəkkürünü bildirir.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı işlərdə çap olunmuşdur:

1. Akbarov S.D., Maksudov F.G., Panakhov P.I., Seyfullayev A.I. On the crack problems in composite materials with curved layers Int. J.Enging. Sci. 1994, v.32, №6, p.1003-1016.
2. Сейфуллаев А.И., Тагиева Р.Д. Задача о двояки периодически расположенных в композите с искривленными структурами. К 50-летию АНА, Тр. респ. конф. по мат. и мех. Баку, ч.1, 1995, с.183-185.
3. Агаларов Д.Г., Сейфуллаев А.И., Мамедова Г.А. Движение включения с подпружинной массой в акустической среде. Труды ИММ АНА Баку, 1997, т.6. с.204-207.
4. Сейфуллаев А.И., Агаева Н.А. Решение задачи о движение сферического включения с подпружинной массой в акустической среде. Изв.АНА т.XVIII, 1998, №2, с.133-135.
5. Seyfullayev A.I. Boundary crack in two-layer half-plane. 4 Ulusal kirilma konf. bildiri-leri, 1999, p.64-68
6. Seyfullayev A.I. On the braking problem of the central crack in the three-layer medium. Proceedings of the 5th Inter. fracture conf. Elazing-Turkey 2001, p.118-123.
7. Сейфуллаев А.И., Агаева Н.А. Определение перемещения сферического включения с осциллятором в упругой среде. Механика – машина -строение, 2002, №3-4, с.23-25.
8. Seyfullayev A.I., Aгаева N.A. Motion of elastically supported spherical inclusion in acoustic medium. Proceeding of IMM of NAS of Azerb. 2004, vXX., p189-192.
9. Сейфуллаев А.И., Рустамова М.А. Исследование свободных колебаний сферического включения содержащего повешенную массу находящегося в акустической среде. АМЕА–nın müx-bir üzvü, prof. İ.T. Məmmədov-un anadan olmasının 50-illiyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanika üzrə Beynəlxalq konfransın TEZİSLƏRİ, 2005, с.175.
10. Сейфуллаев А.И., Рустамова М.А. Исследование свободных колебаний упругой среды со сферическим включением, содержащим упруго-подвешенную массу. Механика машиностроение Баку, 2005, №4, с.22-25.
11. Seyfullayev Ə.İ, Ağayeva N.A. Elastiki dayaqlı yayla bərkidilmiş kütləyə malik sferik daxiletmənin akustik mühitdə hərəkəti. Механика-

машиностроение, 2005, № 4, с.38-39.

12. Seyfullayev Ə.İ., Məmmədova G.A., Elastiki bərkidilmiş kütləyə malik silindrik daxiletmənin akustik mühitdə sərbəst rəqsləri. Mexanika-maşınoströenie. 2005, № 1, s.27-29.

13. Seyfullayev A. I. A problem of fracture mechanics for composite materials with locally curved layers “Mechanics of Composite Materials”, Vol. 42, No. 1, 2006, p.75-86

14. Сейфуллаев А.И., Панахова Н.Д. Исследование обратной задачи о свободных колебаниях упруго закрепленного цилиндра в идеальной сжимаемой жидкости. Доклады, НАНА, 2007, №5, стр.33-41.

15. Seyfullayev Ə.İ., Eunatollah A.Taheri. Tərkibində silindrik daxiletmənin olan elastiki mühitin sərbəst rəqslərinin tədqiq. “Riyaziyyat, mexanika və informatikanın müasir problemləri” beynəlxalq simpoziumun tezisləri, 2007, s. 34.

16. Сейфуллаев А.И., Рустамова М.А. Исследование радиально осесимметрических колебаний цилиндрической оболочки заполненной сжимаемой жидкостью обратным методом. Mexanika-maşınoströenie, 2009, №3. с.37-40.

17. Сейфуллаев А.И., Панахова Н.Д. Свободные колебания стержня в жидкости со свободной поверхностью. Новые технологии, Москва-2009, №2, с.4-7.

18. Сейфуллаев А. И., Гасанов Э.А. Движение вертикально расположенного цилиндра в жидкости со свободной поверхностью под действием волн. Elmi əsərlər-Fundamental elmlər 2011, №4 cild X(40)

19. Сейфуллаев А.И., Мамедова Г.А., Рустамова М. А. Юзбашиева А.О. Анализ свободных колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек содержащих сжимаемую жидкость. Инженерно-физический журнал, Том.85, №6, 2012. Минск, стр.1312-1317.

20. Akhundov M.B., Seyfullayev A.I., Hasanova L.A. Long term strength under cyclic loading. World Applied Science Journal. 2013, 28(11) p.1767-1771.

21. Seyfullayev A.I., Rustamova M.A., Agasiev S.R. Free oscillations of two concentrically located cylindrical shells with a fluid between them. International journal of engineering and Innovative Technology (IJEIT), volume 3, Issue 10, India, 2014, p.33-37.

22. Сейфуллаев А. И., Новрузова К. А. Исследование колебания продольно подкрепленной ортотропной цилиндрической оболочки с

вязкой жидкостью. Восточное-Европейский журнал передовых технологий №3/7(75), 2015, p.29-33.

23. Сейфуллаев А.И., Мамедова Г.А., Агасиев С.Р. Влияние скорости волн в заполняющая сферическую оболочку жидкости на частоту колебаний системы. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. №5-6, p.95-99, Austria, Vienna 2015.

24. Seyfullayev A.I., Alimamedov R.K. Parametric oscillation of longitudinal damaged orthotropic cylindrical stiffened skin filled with viscous fluid. Journal of Qafqaz University, Mechanical Industrial Engineering, An International Journal, ISSN 2310-9041. Vol. 3. №2, Баку-2015, p. 149-157.

25. Сейфуллаев А.И., Агаларов Г.Д. Свободные колебания сферической оболочки с упругим наполнителем. Строительная механика инженерных конструкций и сооружений, 2015, №3, с.74-80.

26. Seyfullayev A.I., Alimammadov R.G. Parametric oscillations of a longitudinally stiffened, orthotropic, damaged viscous fluid-filled cylindrical shell. International Scientific Conference, Azerbaijan-Turkey –Ukrainian, Mathematical Analysis, Differential Equations and their Applications, MADEA-7, Baku, September 08-13, səh.155, 2015.

27. Seyfullayev A.I. Agalarov C.H. An influence of shell hardness on the free vibrations of spherical shell with an elastic filler. International Scientific Conference, Azerbaijan-Turkey –Ukrainian, Mathematical Analysis, Differential Equations and their Applications, MADEA-7, Baku, September 08-13, səh.7., 2015.

28. Seyfullayev A.I., Mamedova G.A. Investigation of the Movement of a Mass Loaded Spring on Insertion in an Acoustic Medium. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication -IJRITCC V. 4, Issue 4, P.194 – 204, India, 2016/4/16.

29. Сейфуллаев А.И., Мамедова Г.А., Агасиев С.Р. Свободные колебания упругой цилиндрической оболочки, содержащей жидкость со свободной поверхностью. Вестник современной наук, Волгоград, 2016, Т 13, №1, с. 22-25.

30. Seyfullayev A. I., Rustamova M.A., Kerimova Sh. A. Problem of the mechanics of fatigue fracture of a two-layer material with edge cracks. “Mechanics of Composite Materials”, Vol. 53, No. 3, 2017. p.415-424.

31. Агаларов Дж.Г., Сейфуллаев А.И., Рустамова М.А. Движение вертикально расположенного цилиндра в результате волн на поверхности жидкости. “Вестник современной науки”. 2017. № 2 (26), с.7-15.

32. Сейфуллаев А.И., Мамедова Г.А., Гулиев М.С. Исследование свободных колебаний упругих систем жидкости обратным методом. “Вестник современной науки”. Волгоград, 2017. № 2-1 (26). С. 20-31.

АЛИЗАДЕ ИМАМАЛИ оглы СЕЙФУЛЛАЕВ

**ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ И ДИНАМИКИ
НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД**

АННОТАЦИЯ

Проблема разрушения и динамики неоднородных сред является одной из актуальных направлений современной механики деформируемых твердых тел. В связи с этим диссертационная работа посвящена исследованию разрушения и динамики неоднородных сред.

В первой главе на основе модели кусочно-однородного тела с привлечением точных уравнений линейной теории упругости предложен метод решения задач по определению коэффициентов интенсивности напряжений (КИН) в кончике трещин в слоистых композитах с искривленными слоями, которые содержат в себе трещины параллельные направлению действия внешних нормальных усилий. На основе этого метода решен цикл прикладных задач в которых установлена зависимость КИН в кончике трещин в зависимости от параметров структуры композита.

Во второй главе разработана теория взаимодействия сплошной среды с дискретной системой. В частности, исследовано движение цилиндрического и сферического включений, содержащего упруго подвешенную массу в сплошной среде. Исследовано нестационарные и собственные колебания подвешенных масс; а также скорость, упругие потенциалы и перемещения, а также обратным методом определены собственные частоты системы.

В главе 3 исследуется класс задач динамики цилиндрических и сферических оболочек, контактирующих со сплошной средой. При некоторых значениях параметров системы определяются их собственные частоты колебаний, а также исследуются влияние геометрических и физических параметров системы на частоты свободных колебаний оболочки.

ALIZADE IMAMALI oqlu SEYFULLAEV

**PROBLEMS OF FRACTURE MECHANICS AND DYNAMICS OF
INHOMOGENEOUS MEDIA**

SUMMARY

Problems of fracture and dynamics of nonhomogeneous media are urgent problems of solid mechanics. In this dissertation work we consider numerous problems of fracture and dynamics of nonhomogeneous media.

In the first part of the work, based on piecewise - homogeneous body model we apply exact equations of elasticity theory and offer a method for studying cracking problems of composite materials with periodic and local curvature.

The offered method is explained by applying it to the solution of specific problems. In this case it is accepted that the cracks are at the very dangerous part of binding course and the crack ends are parallel to the loading direction.

The second part of the work is devoted to study of joint action of discrete system and continuum. Here nonstationary and free vibrations of circular inclusions with spring - supported mass were studied. Velocity and elastic potentials, displacements were determined, eigen frequencies of the system were calculated by the inverse method.

The third part studies free vibrations of continuum – contacting cylindrical and spherical shells. The influence of parameters on frequency of free vibrations were studied.