AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNİVERSİTETİ

Əlyazma hüququnda

SAİDƏ ABDULƏLİ QIZI TAĞIYEVA

QEYRİ BİRCİNS ÇUBUQLARIN DİNAMİKİ DAYANIQLIQ MƏSƏLƏLƏRİ

İxtisas: 3305.02-"İnşaat mexanikasi"

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI – 2015

İş Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru
professor **F.Q.İsayev**

Rəsmi opponentlər: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru
professor **F.S.Lətifov**

texnika üzrə fəlsəfə doktoru
dosent **R.A.Rzayev**

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Texniki Universitetinin "Texniki mexanika" kafedrası

Müdafiə 25 dekabr 2015-ci il saat 14^{00}-da Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində fəaliyyət ğöstərən **D 02.042** dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az 1073/1, Bakı şəh., A.Sultanova küç. 5 Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, I tədris korpusu, iclas zalı, otaq 317.

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

Avtoreferat 23 noyabr 2015-ci ildə göndərilmişdir.

D 02.042 dissertasiya şurasının elmi katibi,
f-r.üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
A.M.İsayev

Kağız formatı 60x84 1/16,
Çap vərəqi:1.4
Sifariş № 59. Tiraj 100.

AzMİU
Nəşriyyat – Poliqrafiya Mərkəzi
tel.: (012) 539 07 17

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

САИДА АБДУЛАЛИ КЫЗЫ ТАГИЕВА

ЗАДАЧИ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕОДНОРОДНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Специальность: 3305.02-Строительная механика

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени доктора философии по технике

БАКУ - 2015

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Texnikanın intensiv inkişaf etməsi ilə əlaqədar olaraq bir çox sahələrdə, gəmi və maşınqayırma sənayesində, yeraltı və yerüstü qurğuların tikintisində və layihələndirilməsində müxtəlif kompozit və qeyri bircins materiallardan hazırlanmış birqatlı və ikiqatlı çubuq konstruksiyalarından geniş istifadə edilir.

Bu cur konstruktiv elementlərin tez-tez istifadə edilməsi, onların statiki və dinamiki yüklərin təsirindən dayanıqlıq və rəqsləri məslələrinin tədqiqi metodikalarının işləndiyi zaman materialların real fiziki-mexaniki xassələrini və iş rejimini nəzərə almaqla öyrənilməsi zərurəti yaradır.

Qiymətli və çəkisi ağır olan metal materiallardan hazırlanmış konstruksiyaların əvəzinə son vaxtlar daha çox süni materiallardan hazırlanmış konstruksiya elementlərinə rast gəlmək olur. Bu səbəbdən belə konstruksiya elementlərinin effektiv hesablama metodikalarının işlənməsi üçün materialların real xassələrinin nəzərə alınması vacib məsələrədən biridir. Bəzi hallarda konstruksiyaların hazırlandığı süni materiallar müxtəlif qeyri bircinslik xassələrinə malik olurlar. Belə konstruksiyaların materiallarının qeyri bircinslik xarakteristikalarını nəzərə almaqla hesabla-ma metodikalarının təklif edilməsi laylı konstruksiyalarda materiallardan qənaətlə və rasional şəkildə istifadə edilməsinə imkan yaradır.

Bir çox hallarda qeyri bircins materiallardan hazırlanmış bir və iki laylı çubuq konstruksiyalar müxtəlif dinamiki yüklərin təsiri altında və eyni zamanda müqavimət göstərən elastiki mühitdə istismar edilir. Bu zaman elementlərin dinamiki dayanıqlığına və rəqsləri prosesinə müxtəlif parametrlərin təsirinin öyrənilməsi inşaat mexanikasının ən aktual məsələlərindən biridir.

Bu səbəbdən dissertasiya işinin mövzusu aktualdir.

Dissertasiya işinin məqsədi. İşin məqsədi müxtəlif qeyri bircins materiallardan hazırlanmış birqatlı və ikiqatlı çubuq konstruksiyaların müxtəlif dinamiki yüklərin təsiri altında elastiki mühitin müqavimətini də nəzərə almaqla dayanıqlıq və rəqsləri məslələrinin ümumi şəkildə qoyuluşu və həllidir.

Dissertasiya işinin elmi yenilikləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- müxtəlif qeyri bircins materiallardan hazırlanmış birlaylı və ikilaylı çubuq konstruksiyaların məxsusi rəqsləri məslələrinin qoyuluşu və həlli; baxılan konstruksiyaların elastiki əsas üzərində məxsusi rəqsləri tədqiq edilmişdir;
- birlaylı və ikilaylı qeyri bircins çubuq konstruksiyalarının periodik qüvvələrinin təsirindən dinamiki dayanıqlıq məsələlərinin qoyuluşu və həlli;
- baxılan qeyri bircins çubuq konstruksiyaların elastiki və özlü-elastiki əsas üzərində dinamiki dayanıqlıq məslələri qoyulmuş və həll edilmişdir.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində tədqiq edilən məsələlər inşaat mexanikasının dayanıqlıq və rəqslər nəzəriyyəsinin riyazi metodları, diferensial tənliklər, analtik və təqribi həll metodları, Bubnov-Qalyorkin metodu və başqa üsullardan istifadə etməklə həll edilmişdir.

Alınmış nəticələr ehtibarlığı. Alınmış nəticələrin ehtibarlığı qoyulmuş məsələlərin fiziki və riyazi məsələlərin həllinin ümumi qəbul edilmiş ciddi analitik metodlarla alınması ilə və analtik ədəi nəticələrin ayrı-ayrı hallarda ədəbiyyatdan məlum olanlarla müqayisə edilməsi ilə təmin edilir.

Alınmış nəticələrin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işində alınmış elmi nəticələr konstruksiya elementlərinin dinamiki dayanıqlığı və rəqsləri məslələrinin kompleks şəkildə dəyərləndirilməsinə imkan verir.

Nəzərdən keçirilən bütün məsələlərdə kritik parametrlər üçün konkret analtik düsturlar alınmış və aparılmış hesabatların nəticələri xarakterik qrafiklər şəklində göstərilmişdir. Alınmış nəticələrdən konstruksiyaların dinamiki dayanıqlığa və möhkəmliyə görə hesabatlarında və layihələndirilməsində istifadə edilə bilər.

Dissertasiya işinin müzakirəsi: dissertasiya işinin nəticələri məruzə və müzakirə edilmişdir:

- aspirant və tədqiqatçıların XII Respublika elmi konfransında, Bakı, 2008-ci il;
- prof. İ.A.Bəxtiyarovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi komfransda, Bakı, 18 dekabr 2008-ci il;

- AzMİU-nun “Memarlıq” və “İnşaat” fakültəsinin yaradılmasının 90 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Elmi praktik konfransı, İnşaat bölməsi, Bakı, 24 dekabr 2010;
- Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin “Nəzəri və İnşaat mexanikası” və “Bina və qurğuların istismarı və rekonstruksiyası” kafedralarının elmi seminarlarında.

Dissertasiya işi bütövlükdə Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin “Bina və qurğuların istismarı və rekonstruksiyası” kafedrasının geniş iclasında məruzə və müzakirə edilmişdir.

Müəllifin şəxsi töhfəsi. Dissertasiyanın bütün əsas müddəaları şəxsən müəllif tərəfindən alınmışdır. Həmmüəlliflərlə yazılmış məqalələrdə yalnız məsələnin qoyuluşu və alınmış nəticələrin müzakirəsi həmmüəlliflərə aiddir.

Nəsrlər. Dissertasiya materialları üzrə 13 elmi məqalə nəşr olunmuşdur.

Dissertasiya işinin strukturu və həcmi: Dissertasiya işi girişdən, beş fəsildən, əsas nəticələrdən, istifadə olunmuş elmi ədəbiyyatların siyahısından ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı əsaslandırılır, işin məqsədi, elmi yenilikləri, praktiki əhəmiyyəti, alınmış nəticələrin doğruluğu qeyd olunur və dissertasiyanın fəsillər üzrə qısa xülasəsi verilir.

Birinci fəsildə birlaylı və çoxlaylı konstruksiya elementlərinin dayanıqlıq və rəqsləri məslələrinə həsr olunmuş elmi ədəbiyyatın qısa xülasəsi verilmişdir.

Dissertasiya işinin ikinci fəsli qeyri bircins çubuqların məxsusi rəqslərinin tədqiqinə həsr olunmuşdur.

İkinci fəslin birinci paraqrafında qeyri bircins materiallardan hazırlanmış birlaylı düzxəttli çubuqların məxsusi rəqsləri məslələri tədqiq edilir. Fərz edilir ki, çubuğun materiallarının elastiklik modulu uzunluq (x) və qalınlıq (z) koordinatlarının funksiyasıdır və aşağıdakı kimi dəyişir

$$E = E_0 f_1(x) f_2(z) \tag{1}$$

Burada $E_0 = const$ uyğun bircins materialın elastiklik moduludur, $f_1(x)$ *və* $f_2(z)$ isə koordinatların kəsilməz funksiyalarıdır.

Bu zaman baxılan qeyri bircins çubuğun hərəkət tənliyi ümumi halda aşağıdakı şəkildə alınır

$$KI\left[f_1(x)\frac{\partial^4 v}{\partial x^4}+2\frac{\partial f_1}{\partial x}\frac{\partial^3 v}{\partial x^3}+\frac{\partial^2 f_1}{\partial x^2}\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right]+m\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}=0 \qquad (2)$$

Burada aşağıdakı əvəzləmələr edilmişdir

$$KI=a^2-\frac{(a^1)^2}{a^0}$$

$$a^i=E_0\int_{-h/2}^{h/2} f_2(z)b(z)z^i dz, \qquad (i=0,1,2) \qquad (3)$$

m - çubuğun vahid uzunluğunun kütləsi, $b(z)$ - çubuğun en kəsiyinin eni, h- hündürlüyü, v -çubuğun oxunun əyintisidir.

Məsələni həll etmək üçün qeyri bircinslik funksiyalarının müxtləif variantlarda (2) tənliyini tədqiq etmək lazımdır. Əgər

$$f_1(x)=1; \qquad f_2(z)=1+\beta_1\frac{z}{h}+\beta_2\frac{z^2}{h^2} \qquad (4)$$

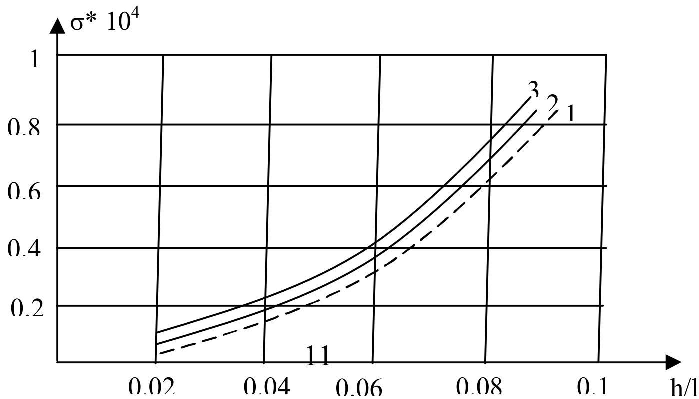
olarsa, çubuğun ucları oynaqlı bərkidildiyi halda (7) tənliyini həll edərək məxsusi rəqs tezliyi üçün aşağıdakı düsturu alırıq

$$\omega^2=\omega_0^2\varphi_2$$

$$\omega_0^2=\left(\frac{\pi}{\ell}\right)^4\frac{E_0 I}{m}; \quad I=\frac{bh^3}{12} \qquad (5)$$

$$\varphi_2=1+\frac{3\beta_2}{20}-\frac{\beta_1^2}{12+\beta_2}$$

Aparılmış hesabatların nəticələri şəkil 1-də göstərilmişdir



11

Şəkil 1.

$$1.\ \beta_1 = 0;\ \beta_2 = 0;\quad 2.\ \beta_1 = 1;\ \beta_2 = 1\quad 3.\ \beta_1 = 1;\ \beta_2 = 2$$

$$f_2(z) = 1 + \beta_1 \frac{z}{h}, \quad f_1(x) = 1 + \alpha \frac{x}{e}; \qquad (6)$$

olan halında çubuğun rəqs tənliyi aşağıdakı şəkildə alınır

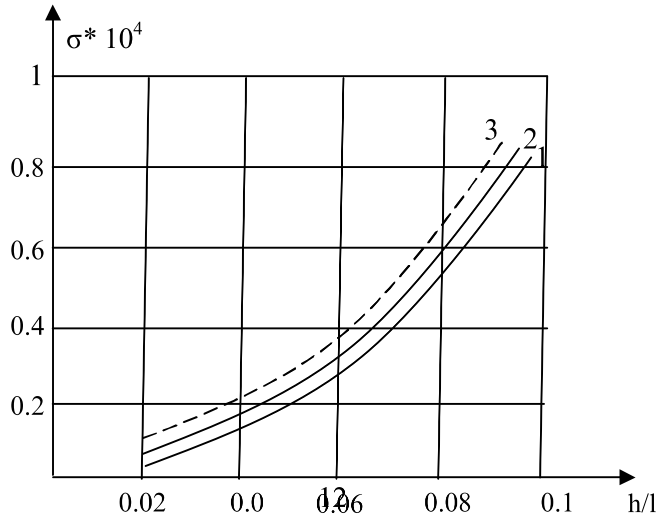
$$KI\left[\left(1 + \alpha \frac{x}{\ell}\right)\frac{\partial^4 v}{\partial x^4} + 2\frac{\alpha}{\ell}\frac{\partial^3 v}{\partial x^3}\right] + m\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0 \qquad (7)$$

Bu halda (7) tənliyini Bubnov-Qalyorkin metodu ilə həll edərək məxsusi rəqs tezliyi üçün alarıq

$$\omega^2 = \omega_0^2 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)\varphi_1 \qquad (8)$$

$$\varphi_1 = 1 - \frac{\beta_1^2}{12}$$

Parametrlərin müxtəlif qiymətlərində aparılmış hesabatların nəticələri ikinci şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 2.

$$1.\ \beta = 0;\quad 2.\ \beta = 1;\quad 3.\ \beta = 2$$
$$\alpha = 0 \qquad \alpha = 1 \qquad \alpha = 2$$

§2.2-də ikilaylı qeyri bircins çubuqların məxsusi rəqsləri məsələsi tədqiq edilir. Burada fərz edilir ki, müstəvi kəsiklər prinsipi çubuğun bütün qalınlıq elementi üçün doğrudur, çubuğun laylarının materiallarının elastiklik modulları uzunluq (x) və qalınlıq (z) koordinatlarından asılıdır və aşağıdakı kimi dəyişirlər

$$E_1 = E_{10} f(x) f_1(z)$$
$$E_2 = E_{20} f(x) f_2(z) \qquad (9)$$

Burada: $E_{10} = Const$, $E_{20} = Const$-layların bircins materiallar üçün elastiklik modullarıdır, $f(x)$, $f_1(z)$ və $f_2(z)$-isə koordinatlardan kəsilməz asılıdırlar.

Bu halda baxılan ikilaylı çubuğun hərəkət tənliyi aşağıdakı kimi olur

$$K_2 I \frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[f(x) \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right] + m \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0 \qquad (10)$$

Burada aşağıdakı əvəzləmələr edilmişdir

$$K_2 I = E_{20} \left\{ a_2^2 + e_{12} a_1^2 - \frac{(a_2^1 + e_{12} a_1^1)^2}{a_2^0 + e_{12} a_1^0} \right\} \qquad (11)$$

$$a_1^i = \int_0^{h_1} f_1(z) b(z) z^i dz; \qquad a_2^i = \int_{-h_2}^{0} f_2(z) b(z) z^i dz$$

$$e_{12} = E_{10}/E_{20}; \quad \delta_{12} = h_1/h_2; \ (i = 0,1,2)$$

$b(z)$ – çubuğun en kəsiyinin eni, h_1, h_2 – isə layların en kəsiyinin qalınlığıdır. Qeyri bircinsliyin müxtəlif hallarında (10) tənliyini həll edərək məsələnin həllini alarıq.

Aşağıdakı xüsusi halda

$f(x) \equiv 1;$

$$f_1(z) = 1 + \gamma_1 \frac{z}{h_1}; \quad f_2(z) = 1 + \gamma_2 \frac{z}{h^2} \qquad (12)$$

olarsa, çubuğun ucları oynaqlı bərkidildiyi halda (10) tənliyini həll edərək məxsusi rəqs tezliyi üçün aşağıdakı düsturu alırıq

$$\omega^2 = \omega_{01}^2 \cdot \varphi_1^1$$

$$\omega_{01}^2 = \left(\frac{\pi}{\ell}\right)^4 \frac{E_{20} b h_2^3}{m} \qquad (13)$$

$$\varphi_1^1 = \left\{ \frac{1}{3} - \frac{\gamma_2}{4} + \ell_{12}\delta_{12}^3 \left(\frac{1}{3} + \frac{\gamma_1}{4}\right) - \frac{\left[-\frac{1}{2} - \frac{\gamma_2}{4} + \ell_{12}\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{\gamma_1}{3}\right)\right]^2}{1 - \frac{\gamma_2}{2} + \ell_{12}\delta_{12}\left(1 + \frac{\gamma_1}{2}\right)} \right\}$$

Qeyri bircinslik

$$f(x) = 1 + \alpha \frac{x}{\ell}; \quad f_1(z) = 1 + \gamma_1 \frac{z}{h_1}; \quad f_2(z) = 1 \frac{z}{h^2} \qquad (14)$$

olan halında çubuğun rəqs tənliyi bu şəkildə alınır

$$E_{20} b h_2^3 \varphi_1^1 \left[\left(1 + \alpha \frac{x}{\ell}\right)\frac{\partial^4 v}{\partial x^4} + 2\frac{\alpha}{\ell}\frac{\partial^3 v}{\partial x^3}\right] + m\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0 \qquad (15)$$

Bu halda çubuqların ucları oynaqlı bərkidildiyi halda (15) tənliyini həll edərək məxsusi rəqs tezliyi üçün aşağıdakı düsturu alarıq

$$\omega^2 = \omega_{01}^2 \left(1 + \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \varphi_1^1 \qquad (16)$$

Digər qeyri bircinslik hallar üçün də məsələ həll edilərək məxsusi rəqs tezliyi üçün düsturlar alınmış və hesabatalar aparılmışdır.

Dissertasiya işinin üçüncü fəsli iki paraqradan ibarətdir və qeyri bircins çubuqların elastiki mühitdə məxsusi rəqslərinin tədqiqinə həsr olunub.

Birinci paraqrafda qeyri bircins elatik materialdan hazırlanmış birlaylı çubuqların yataq əmsalı C_0 olan Fuss-Vinkler modelinə uyğun elastiki mühitdə məxsusi rəqslər məslısinə baxılır. Elastiklik modulu (1) şəklində dəyişdiyi halda baxılan çubuğun rəqs tənliyi bu şəkildə alınır

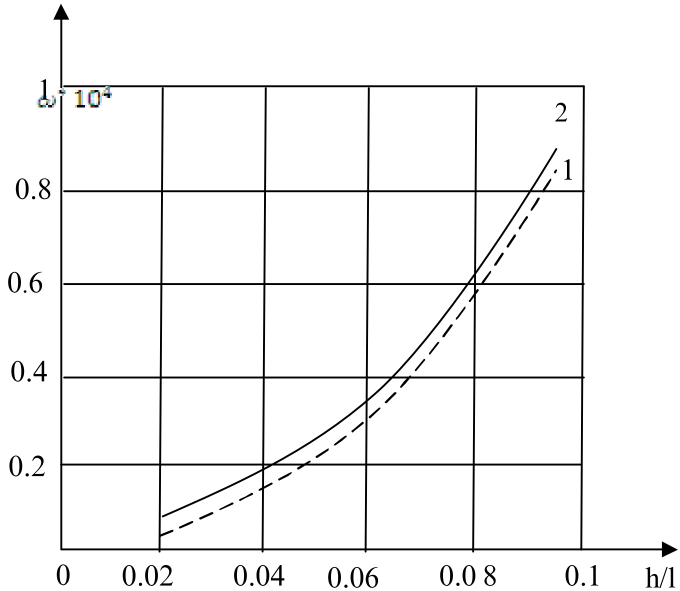
$$KI\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[f_1(x)\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right] + C_0 v + m\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0 \quad (17)$$

Qeyri bircinsliyin müxtəlif halları üçün (17) tənliyini tədqiq etmək lazımdır. Qeyri bircinsliyin (4) şəklində dəyişdiyi halda məxsusi rəqs tezliyi üçün alarıq

$$\omega^2 = \omega_0^2 \cdot \varphi_2 + C_0^1 \quad (18)$$

$$C_0^1 = C_0/m$$

Burada aparılmış hesabatların nəticələri üçüncü şəkildə göstərilmişdir



Şəkil 3.

$1.\ \beta_1 = 0;\ \beta_2 = 0; \quad 2.\ \beta_1 = 1; \beta_2 = 1; \quad \frac{C_0}{E_0 \pi^2} = 0.01;\ {}^h/_b = 0.5$

Digər qeyri bircinslik halları üçün də məslələr həll edilmişdir.

§3.2-də İkilaylı qeyri bircins çubuqların elastiki muhitdə məxsusi rəqsləri məsələləri tədqiq edilir. Elastiki əsas üçün yenə Fuss-Vinkler modelini qəbul edərək, layların materiallarının elastiklik modulları (9) şəklində dəyişdiyi halda baxılan ikilaylı çubuğun hərəkət tənliyi aşağıdakı şəkildə alınır

$$K_1 I \frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[f(x)\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right] + C_0 v + m\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0 \qquad (19)$$

Burada $K_1 I$ ifadəsi - (11)-dən təyin olunur.

Qeyri bircinsliyin

$$f(x) \equiv 1;$$
$$f_1(z) = 1 + \gamma_{11}\frac{z}{h_1}; \quad f_2(z) = 1 + \gamma_{21}\frac{z^2}{h_2^2} \qquad (20)$$

olan halında (19) tənliyini həll edərək məxsusi rəqs tezliyi üçün alarıq

$$\omega^2 = \omega_{01}^2 \cdot \varphi_2^1 + C_0^1 \qquad (21)$$

Burada aşağıdakı əvəzləmələr edilmişdir

$$\omega_{01}^2 = \left(\frac{\pi}{\ell}\right)^4 \cdot \frac{E_{20} b h^3}{m} \qquad (22)$$

$$\varphi_2^1 = \left\{ \frac{1}{3} - \frac{\gamma_{21}}{4} + \frac{\gamma_{22}}{5} + \ell_{12}\delta_{12}^3\left(\frac{1}{3} + \frac{\gamma_{11}}{4} + \frac{\gamma_{12}}{5}\right) - \frac{\left[-\frac{1}{2} + \frac{\gamma_{21}}{3} - \frac{\gamma_{22}}{4} + \ell_{12}\delta_{12}^2\left(\frac{1}{2} + \frac{\gamma_{11}}{3} + \frac{\gamma_{12}}{4}\right)\right]^2}{\left[1 - \frac{\gamma_{21}}{2} + \frac{\gamma_{22}}{3} + \ell_{12}\delta_{12}\left(1 + \frac{\gamma_{11}}{2} + \frac{\gamma_{12}}{3}\right)\right]} \right\}$$

Qeyri bircinslik funksiyalarının digər müxtəlif halları üçün də baxılan məsələ həll edilmiş və məxsusi rəqs tezlikləri təyin edilmişdir.

Dissertasiya işinin dördüncü fəsli üç paraqrafdan ibarətdir və qeyri bircins çubuqların dinamiki dayanıqlıq məsələsinə həsr olunmuşdur.

Bu fəslin birinci paraqrafında kəsilməz qeyri bircins materialdan hazırlanmış düzxəttli birlaylı çubuğun periodik qüvvənin təsirindən dinamiki dayanıqlıq məsələsinə baxılır. Qeyri bircinsliyin (1) şəklində dəyişdiyi halda baxılan çubuğun hərəkət tənliyi aşağıdakı şəkildə alınır

$$KI\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[f_1(x)\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right]+P\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+m\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}=0 \qquad (23)$$

Burada da qeyri bircinslik funksiyaların müxtəlif halları üçün (23) tənliyini tədqiq etmək lazımdır. Qeyri bircinsliyin (4) kimi dəyişdiyi halda (23) tənliyi bu şəkilə düşür

$$K_1 I\frac{\partial^4 v}{\partial x^4}+P\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+m\frac{\partial^2 v}{\partial t^4}=0 \qquad (24)$$

Burada

$$K_1 I=E_0 I\left(1+3\frac{\beta_2}{20}-\frac{\beta_1^2}{12+\beta_2}\right)$$

Çubuğun ucları oynaqlı bərkidildiyi halda (24) tənliyinin həllini

$$v(x,t)=\varphi(t)sin\frac{\pi x}{\ell} \qquad (25)$$

şəklində qəbul edərək bəzi çevirmələrdən sonra aşağıdakı tənliyi alırıq

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+\omega^2[1-2\eta\phi(t)]\varphi=0 \qquad (26)$$

Burada aşağıdakı əvəzləmələr edilmişdir

$$\omega^2=\frac{\pi^4}{\ell^4}\cdot\frac{KI}{m} \qquad (26)$$

$$2\eta\phi(t)=\frac{P(t)}{P_{cr}}$$

$$P_{cr}=\frac{\pi^2}{\ell^2}\cdot K_1 I$$

Əgər təsir edən xarici qüvvə $P(t)=P_0Cos\nu t$ şəklində dəyişirsə (26) ifadəsindən aşağıdakı Matye tənliyi alınar

$$\varphi^{11}+\omega^2[1-2\eta_1 Cos\,\nu t]\varphi=0 \qquad \left(\eta_1=\frac{P_0}{2P_{cr}}\right) \qquad (27)$$

(27) tənliyinin T və 2T periodlu həllərini ayrıldıqda tədqiq edərək baxılan məsələ üçün ilk üç dinamiki dayanıqsızlıq oblastını təyin edə bilərik. Məsələn, birinci (baş) dinamiki dayanıqsızlıq oblastı üçün alarıq.

$$v^* = 2\omega_0\sqrt{\varphi_2}\cdot\sqrt{1 \pm \frac{\eta_0^*}{\varphi_2}} \qquad (28)$$

Burada $\left(\eta_0^* = \frac{P_0}{2P_{cr}^0}\right)$ və (5) əvəzləmələri edilmişdir.

Müxtəlif variantlar üçün də məslə həll edilərək uyğun oblastlar təyin edilmişdir.

§4.2-də ikilaylı kəsilməz qeyri bircins çubuqların dinamiki dayanıqlıq məsləsi tədqiq edilmişdir. Qeyri bircinsliyin (9) şəklində dəyişdiyi halda baxılan çubuğun hərəkət tənliyi bu şəkildə alınır

$$K_1 I\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[f(x)\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right] + P(t)\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + m\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0 \qquad (29)$$

Burada $K_1 I$ ifadəsi (11) ifadələrindən təyin edilir və qeyri bircinsliyin müxtəlif halları üçün bu tənliyi tədqiq etmək lazımdır.

Qeyri bircinsliyin (14) şəklində dəyişdiyi halda (29) ifadəsindən aşağıdakı Matye tənliyi alınır

$$\varphi^{11}(t) + \omega_3^2[1 - 2\eta_3 Cos\, vt]\varphi(t) = 0 \qquad (30)$$

Burada aşağıdakı əvəzləmələr edilmişdir

$$\omega_3^2 = \left(\frac{\pi}{\ell}\right)^4 \cdot \frac{K_1 I}{m}\left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)$$

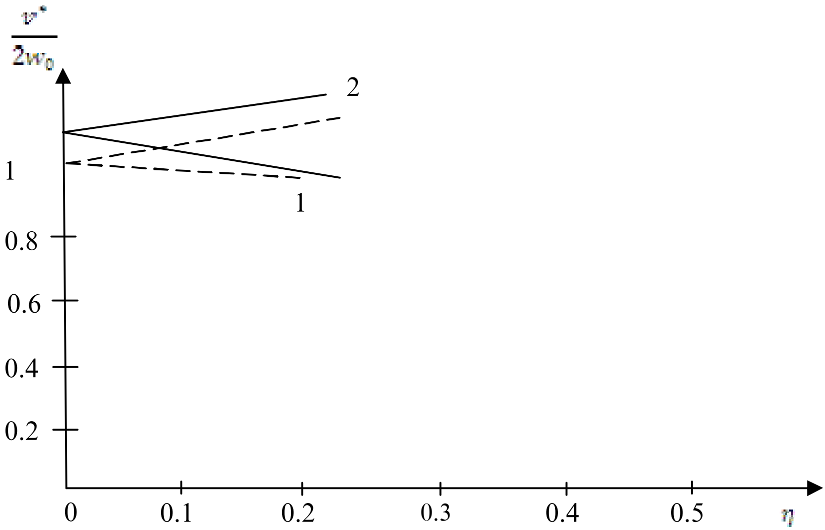
$$\eta_3 = \frac{P_0}{2P_{cr}} \qquad (31)$$

$$P_{cr} = \left(\frac{\pi}{\ell}\right)^2 K_1 I\left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)$$

Buradan birinci dinamiki dayanıqsızlıq oblastı üçün alırıq

$$\nu_* = 2\omega_{01}\sqrt{\varphi_1^1\left(1+\frac{\alpha}{2}\right)}\cdot\sqrt{1 \pm \frac{\eta^*}{\varphi_1^1\left(1+\frac{\alpha}{2}\right)}} \qquad (32)$$

Aparılmış hesabatların nəticələri dördüncü şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 4.

Digər hallar üçün də məsələlər həll edilmişdir.

§4.3-də qeyri bircins çubuqlarda boyuna rəqslərin dinamiki dayanıqlığa təsiri araşdırılmışdır. Burada çubuğun materiallarının elastiklik modulu uzunluq koordinatının xətti funksiyası olduğu qəbul edilir və ümumi halda boyuna və eninə rəqslərin bir-birinə qarşılıqlı təsirini nəzərə almaqla hərəkət tənlikləri sitemi alınır. Alınmış tənliklər sistemi birlikdə həll edilərək kritik parametrlər üçün düsturlar alınmışdır.

Dissertasiya işinin beşinci fəsli dörd paraqrafdan ibarətdir və qeyri bircins elastiki mühitdə dinamiki dayanıqlıq məslələrinə həsr olunmuşdur.

§5.1- də birlaylı qeyri bircins çubuqların elastiki mühitdə dinamiki dayanıqlı məsləsinə baxılır. Qeyri bircinsliyin (1) kimi olduğu halda baxılan çubuğun elastiki əsas üzərində hərəkət tənliyi belə alınır

$$KI\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[f_1(x)\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right]+P(t)\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+C_0 v+m\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}=0 \qquad (33)$$

Qeyri bircinsliyin (4) halında (33) tənliyini həll edərək bəzi çevirmələrdən sonra baş dinamiki dayanıqsızlıq oblastı üçün alarıq

$$v^*=2\omega_0\cdot\sqrt{\varphi_2\left(1+\frac{C_0}{m\varphi_2\omega_0^2}\right)}\cdot\sqrt{1\pm\eta^*\frac{1}{\varphi_2+\frac{C_0}{P_{cr}^0}\left(\frac{\ell}{\pi}\right)^2}} \qquad (34)$$

Digər qeyri bircins halları üçün məsələlər həll edilərək axtarılan oblastlar təyin edilmişdir.

§5.2-də birlaylı qeyri bircins çubuqların özlü elastiki əsas üzərində dinamiki dayanıqlıq məsələsi tədqiq edilmişdir. Bu halda (33) ifadəsinə oxşar olaraq çubuğun hərəkət tənliyi bu şəkildə alınır

$$KI\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left[f_1(x)\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right]+P(t)\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+C_0 v+C_1\frac{\partial v}{\partial t}+C_2\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}+m\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}=0 \qquad (35)$$

Burada *KI* (3) ifadəsidən təyin olunur və C_0, C_1, C_2 - isə özlü elastiki

əsası xarakterizə edən yataq əmsallarıdır.

Burada çubuğun ucları oynaqla bərkidildiyi halda bəzi çevirmələrdən sonra (26) tənliyinə oxşar olaraq aşağıdakı tənlik anlınır

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+2\varepsilon\frac{d\varphi}{dt}+\omega^2[1-2\eta Cos\,\nu t]\varphi=0 \qquad (36)$$

Burada aşağıdakı əvəzləmələr edilmişdir

$$\omega^2 = \frac{1}{\tilde{m}}\left[\left(\frac{\pi}{\ell}\right)^4 KI + C_0\right]$$

$$\eta = \frac{P_t}{2P_{cr}}; \quad \tilde{m} = C_2 + m \qquad (37)$$

$$P_{cr} = \left(\frac{\pi}{\ell}\right)^2 KI + C_0\left(\frac{\ell}{\pi}\right)^2$$

$$2\varepsilon = \frac{C_1}{\tilde{m}}$$

Bu halda da (36) tənliyinin periodik həlləri analiz edilərək müxtəlif dinamiki dayanıqsızlıq oblastları təyin edilmişdir.

Bu fəslin üçüncü və dördüncü paraqraflarında ikilaylı qeyri bircins çubuqların elastiki əsas üzərində və özülü elastiki əsas üzərində dinamiki dayanıqlıq məsələri tədqiq edilmiş və kritik parametrlər təyin edilmişdir.

Dissertasiyanın yekun hissəsində işdə aınmış əsas nəticələr verilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Ümumi halda qeyri bircins elastik materiallardan hazırlanmış birlaylı və ikilaylı çubuqların məxsusi rəqsləri məsələsi qoyulmuş və məsələ həll edilərək məxsusi rəqs tezlikləri təyin edilmişdir.

2. Qeyri bircins funksiyaların ayrılıqda qalınlıq koordinatından, uzunluq koordinatından və eyni zamanda hər iki koordinatdan asılı olduğu hallarda məsəllələr həll edilərək məxsusi rəqs tezlikləri üçün analtik düsturlar alınmış və müxtəlif hallar üçün hesabatlar aparılaraq xarakterik qrafiklər qurulmuşdur.

3. Qeyri bircins elastiki materiallardan hazırlanmış birlaylı və ikilaylı çubuqların elastiki mühitin müqavimətini nəzərə almaqla məxsusi rəqsləri məslələri qoyulmuş və müxtəlif hallar üçün həll edilmişdir.

4. Ümumi halda qeyri bircins elastik materiallardan hazırlanmış birlaylı və ikilaylı düzxətli çubuqların periodik qüvvənin təsiridən dinamiki dayanıqlıq məslələri qoyulmuş və dəyişən əmsallı hərəkət tənliyi alınmışdır.

5. Qeyri bircins funksiyaların müxtəlif halları üçün alınmış dinamiki dayanıqlıq tənliyinin periodik həlləri analiz edilərək ilk üç dinamiki

dayanıqsızlıq oblastı təyin edilmiş və müxtəlif hallar üçün hesabatlar aparılaraq bu oblastların qrafikləri qurulmuşdur.

6. Qeyri bircins materiallarından hazırlanmış çubuqların parametrik rəqsləri məsləsi qoyulmuş və boyuna və eninə rəqslərin bir birinə qarşılıqlı təsiri alınmışdır. Alınmış dəyişən əmsallı hərəkət tənliklər sistemi həll edilərək müxtəlif dayanıqsızlıq oblastları və kritik parametrlər təyin edilmişdir.

7. Qeyri bircins elastik birlaylı və ikilaylı çubuqların elastik əsas üzərində periodik qüvvələrin təsirindən dinamiki dayanıqlıq məsələsi qoyulmuş və konkret hallar üçün məsələ həll edilərək dinamiki dayanıqsızlıq oblastalrı təyin edilmişdir.

8. Qeyri bircins elastik birlaylı və ikilaylı düzxəttli çubuqların özlü elastiki əsas üzərində periodik qüvvələrin təsirindən dinamiki dayanıqlıq məsələsi qoyulmuş və müxtəlif qeyri bircinslik halları üçün məsələ həll edilərək dinamiki dayanıqsızlıq oblastları təyin edilmişdir.

9. Bütün baxılan məslələrdə kritik parametrlər üçün alınmış sonlu analtik düsturlara əsasən ədədi hesabatlar aparılmış və analizlər edilmişdir. Analizlər göstərir ki, materialların qeyri bircinslilik xarakteristikalarının kritik parametrlərin qiymətinə təsiri əhəmiyyətli dərəcədədir. (Bəzi hallarda 8-15% artıra və ya azalda bilər).

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı elmi məqalələrdə dərc olunmuşdur.

1. Тагиева С.А. Влияние продольных колебаний на динамическую устойчивость. «Ekologiya və su təsərrüfatı» elmi-texniki və istehsalat jurnalı, №1, 2004, səh. 51-52.

2. İsayev F.Q., Məmmədov Ş.Ə., Tağıyeva S.A. Qeyri bircins çubuqların dinamiki dayanıqlığı haqqında**.**Azərbaycan Respulikası Təhsil Nazirliyi,"Nəzəri və tətbiqi mexanika", №2, Bakı, 2005, səh.8-13.

3. Tağıyeva S.A. Qeyri bircins çubuqların elastiki əsas üzərində dinamiki dayanıqlığı haqqında. Azərbaycan Respulikası Təhsil Nazirliyi, "Nəzəri və tətbiqi mexanika" № 2, Bakı, 2006, səh. 41-44.

4. Тагиева С.А. О динамической устойчивости неоднородных стержней на упругом основании. Azərbaycan Respulikası Təhsil Nazirliyi, "Nəzəri və tətbiqi mexanika" №4, Bakı, 2008, səh. 90-95.

5. Велиев С.М., Тагиева С.А. Исследование влияния колебаний на динами-ческую устойчивость неоднородного стержия. Azərbaycan Respulikası Təhsil Nazirliyi, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti,

Professor İ.A.Bəxtiyarovun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfransın materialları, Bakı, 2008, səh. 150-152.

6. Велиев С.М., Гусейнов Е.Б., Тагиева С.А. Устойчивость двухслойных упругопластических пластинок при двухстороннем сжатии. "İnşaatın müasir problemləri və həlli yolları" elmi praktiki konfransın materialları,Bakı,2009,səh.200-204.

7. Тагиева С.А. О динамической устойчивости двухслойных неоднородных стержней вязкоупругом основании. "Техника и технология", №4, Москва 2009, ст. 95-98.

8. Kərimov V.E., Tağıyeva S.A. İkilaylı qeyri bircins çubuqların rəqs məsələləri.Azərbaycan Respulikası Təhsil Nazirliyi. "Nəzəri və tətbiqi mexanika", №3. Bakı, 2010, səh. 19-22.

9. Tağıyeva S.A. İkilaylı qeyribircins çubuqların elastiki əsas üzərində dinamiki dayanıqlığı. Azərbaycan Respulikası Təhsil Nazirliyi. "Nəzəri və tətbiqi mexanika", №2. Bakı, 2010, səh. 3-6.

10. Tağıyeva S.A. Qeyri bircins çubuqların məxsusi rəqsləri haqda. Azərbaycan Respulikası Təhsil Nazirliyi, AzMİU-nun "Memarlıq" və "İnşaat" fakültəsinin yaradılmasının 90 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Elmi praktik konfransın materialları, İnşaat bölməsi, Bakı, 24 dekabr 2010, səh. 171-175.

11. Тагиева С.А. Исследование устойчивости неоднородных двухслойных стержней в упругой среде. "Ekologiya və su təsərrüfatı" elmi-texniki və istehsalat jurnalı, №3, Bakı 2013, səh. 59-62.

12. Тагиева С.А. Сейсмоустойчивость неоднородных двух-слойных стержней в упругой среде.Перспективы науки, №6 (45), Томбов 2013, ст.32-39.

13. Тагиева С.А. Об одной задаче устойчивости неоднородных двухслойных упругих стержней. "Nəzəri və tətbiqi mexanika" , №1, Bakı, 2015, səh.135-139.

[2, 5,6,8] məqalələrində həmmüəlliflər məsələnin qoyuluşunda və alınmış nəticələrin müzakirəsində iştirak etmişlər. Müəllif isə məsələlərin qoyuluşunda iştirak etmiş və onları həll etmişdir.

Саида Абдулали кызы Тагиева

Задачи динамической устойчивости неоднородных стержней

Резюме

В рассматриваемой диссертационной работе исследуются задачи колебаний и динамической устойчивости неоднородно упругих однослойных и двухслойных стержней. При постановке задачи предполагается, что модули упругости материала слоев стрежня являются непрерывными функциями координаты толщины и длины, кроме того предполагается, что гипотеза плоских сечений справедлива для всей толщины стержня. В общем виде получены уравнения движения рассматриваемых стержней. Найдены формулы для определения частоты собственных колебаний стрежня и для различных видов неоднородностей определены значения критических параметров.

Дана постановка и построено решение задачи динамической устойчивости рассматриваемых неоднородных стержней. Определены три первых области динамической неустойчивости стержней.

Даны постановки и получены решения задачи о собственных колебаниях и динамической устойчивости неоднородных стержней находящихся в упругой и вязкоупругой среде.

Исследовано влияние продольных колебаний на динамическую устойчивость неоднородных стержней.

Во всех рассмотренных задачах получены конкретные формулы для критических параметров и произведены численные расчеты для различных видов неоднородности материала слоев стержня.

Saida Taghiyeva Abdulali

Problem of dynamic stability of inhomogeneous rods

Summary

In the considered thesis investigates the problem of dynamic stability and inhomogeneous elastic single- and double rods. In the formulation of the problem it is expected that the elastic modulus of the material layers of the rod is a continuous function coordinates the thickness and length, also assumes that the hypothesis of plane sections is valid for the entire thickness of the web. Generally considered the equations of motion rods. Discovered the formulas for determining the frequency of vibrations of a rod and identified the value of critical parameters for different types of inhomogeneities.

Given the setting and built the solution to the problem of dynamic stability of the inhomogeneous rods. The first three area of the dynamic stability of rods are identified.

There are given statements and obtained solution of the problem of natural vibrations and dynamic stability of inhomogeneous rods are in the elastic and viscous elastic medium.

The effect of longitudinal fluctuations on the dynamic stability of inhomogeneous rods is investigated.

Concrete formulas for the critical parameters are obtained in all the considered tasks and numerical calculations made for different types of heterogeneity of the material layers of the rod.