

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

OTAQULOV AZAMAT

SUYUQLIK BO'G'INIGA EGA BO'LGAN MEXANIK SISTEMALAR
DINAMIKASI

5A440300-deformasiyalanuvchi qattiq jism mexanikasi mutaxassisligi
bo'yicha magistr darajasini olish uchun

MAGISTRLIK DISSERTATSIYASI

Ish ko'rib chiqildi va himoyaga
ruxsat berildi.

Nazariy va amaliy mexanika
kafedrasi mudiri

Ilmiy rahbar:

X.Buranov

« » 2016 y.
M.O'.

Samarqand – 2016 y

MUNDARIJA

KIRISH.....

1-bob. Asosiy tushunchalar

1.1-§ Masalaning zamoniy holati va adabiyotlar bilan tanishish.....

1.2-§

1.3-§

1.4-§

2-bob. Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalarning tebranishlari

2.1-§

2.2-§

3-bob. Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalar va dinamik so'ndirgichli sistemalar tebranishlarining ustivorligi

3.1-§

3.2-§

3.3-§

Xulosa.....

Adabiyotlar ro'yxati.....

KIRISH

Zamonaviy texnika ta'limining asosiy talablaridan biri bu bilim olayotgan yosh kadrlarning texnika taraqqiyotidan nafaqat ortda qolmaslikni, balki bir necha qadam oldinda turishni, fan-texnika sohasida ro'y berayotgan voqea va hodisalarni zamonaviy usullar bilan tadqiq etishni talab etadi. Fan-texnikaning zamonaviy rivojlanish darajasiga yetishi harakatlanuvchi jismlar – samolyotlar, raketalar, kemalar va boshqa transportlardan foydalanish sohasini kengaytirish imkonini berdi.

Mavzuning dolzarbligi Texnikada qo'llaniladigan ko'pgina qurilmalarning ehtiyot qismlari bikrligi chekli bo'lgan tebranuvchan asosga o'rnatilgan bo'ladi. Bu ehtiyot qismlarga tashqi uyg'otuvchi kuchlarning ko'rsatadigan ta'siri turli sharoitda turlicha bo'ladi. Zararli tebranishlar mashina, mexanizm va boshqaruv tizimlarining ishlab chiqarish quvvatining pasayishiga, sifatiga va chidamliligiga ta'sir etadi. Shuning uchun bu ehtiyot qismlarining harakatini o'rganish uchun ularning harakat tenglamalarini chiqarish muammosi paydo bo'ladi. Ko'pincha, bu tenglamalarni tuzish uchun elementar mexanika usullari kerakli natijalarni bermaydi. Ikkinchi tomondan haqiqiy harakatlar hammavaqt chiziqli bo'lmagan differensial yoki integro-differensial tenglamalar bilan ifodalanadi. Bu tenglamalarda chiziqli bo'lmagan hadlarni e'tiborga olmaslik ba'zan umuman haqiqiy yechimlardan farq qiluvchi, noto'g'ri xulosalarni keltirib chiqaradi.

Keltirilgan mulohazalardan shunday xulosa qilish mumkinki, zamonaviy fan taraqqiyoti chiziqlimas mexanik sistemalarning yechimini aniqroq topishni, bu sistemalarning harakatini tahlil etishda zamonaviy metodlardan foydalanishni taqozo etadi.

Shuning uchun mexanik sistemalarning matematik modellashtirishda sistema harakatiga ta'sir etuvchi ko'pgina omillarni e'tiborga olishga to'g'ri keladi. Demak, chiziqlimas mexanik sistemalarni matematik modellashtirish, ularning

dinamikasini tadqiq etish masalalari mexanikaning dolzarb masalalaridan hisoblanadi.

Masalaning qo'yilishi. Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalannuvchi sistemalarning tashqi garmonik uyg'otuvchi kuch ta'siridagi harakati qaraladi. Bunda tebranishlarni dinamik so'ndirgichning elastik-dempferlovchi xarakteristikasi gisterezis tipidagi chiziqlimaslikka ega deb qaraladi.

Ishning maqsad va vazifalari. Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalannuvchi sistemalarning majburiy tebranishlarini analitik mexanika metodlari vositasida matematik modellashtirish, ularning dinamikasini o'rganish.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi masalalarni yechishga to'g'ri keldi:

- D'Alamber prinsipi, Lagranjning II tur tenglamalaridan foydalanib, suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalannuvchi sistemalarning tebranishlarini matematik modellashtirish;

- chiziqlimas mexanika masalalarini yechishning taqribiy metodlari – qatorlarga yoyish metodlarini qo'llab, qaralayotgan mexanik sistemaning yechimini nolinchi va birinchi yaqinlashishdagi yechimlarini olish;

- mexanik sistema uchun amplituda-chastota xarakteristikalarining grafiklarini olish, ular bo'yicha parametrlarining turli qiymatlarida sistema dinamikasini tahlil qilish.

Ilmiy-tadqiqot metodlari qaralayotgan mexanik sistema harakat differensial tenglamalarini tuzish uchun suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalannuvchi sistemalarda chiziqlimas xarakteristikalari G.S.Pisarenko gipotezasi asosida chiziqlashtirilgan. Hosil bo'lgan chiziqlimas differensial tenglamani yechish uchun chiziqlimas mexanikaning asimptotik

usullaridan foydalaniladi. Ushbu magistrlik dissertasiyasida birinchi yaqinlashish hadlari bilan chegaralangan holdagi yechim aniqlangan. Olingan natijalarning haqqoniyligi ushbu masalalarni yechishda analitik mexanika, chiziqlimas mexanikaning asoslangan metodlarining qo'llanilganligidadir.

Ishning ilmiy va amaliy ahamiyati Magistrlik dissertasiyasida olingan natijalar matematika, mexanika va fizika mutaxassisligi bo'yicha o'qiyotgan talabalarga dars o'tish jarayonida texnikaning tebranim harakat sodir bo'ladigan yo'nalishlarida qo'llanilishi mumkin.

Magistrlik dissertasiyasining tuzilishi. Ushbu magistrlik dissertasiyasi kirish, to'rtta paragraf, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat bo'lib, magistrlik dissertasiyasining birinchi paragrafida qo'yilgan masalaning zamonaviy holati, mavzu bo'yicha asosiy adabiyotlar sharhi keltirilgan. *

. Uchinchi va to'rtinchi paragraflarda Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalovchi sistemalarning tebranishlarini matematik modellashtirish va dinamikasini tekshirish masalalari qaralgan. Bunda gisterezis elastik-dempferlovchi element G.S.Pisarenko gipotezasi bo'yicha chiziqlilashtirilgan. Magistrlik dissertasiyasining har bir bobi bo'yicha qisqacha xulosalar keltirilgan. Xulosa qismida ish bo'yicha asosiy natijalar jamlanib, tegishli xulosalar keltirilgan.

Olingan natijalarning qisqacha mazmuni. Qaralayotgan chiziqlimas mexanik sistemalarning amplituda-rezonans egri chizig'ining qalinligi faqat materialdagi energiya tarqalishiga bog'liq; bu tarqalgan energiya faqat tebranishlar dekrementidan, ya'ni gisterezis tugunining yuziga bog'liq; rezonans egri chizig'i nafaqat qaralayotgan sistemaning dempferlash xususiyati δ ga, balki n parametrning kattaligiga ham bog'liq.

1-BOB. ASOSIY TUSHUNCHALAR

1.1. Masalaning zamoniy holati va adabiyotlar bilan tanishish

Detal va turli mexanizmlarning tebranishlari bilan texnikaning har qanday sohasida har doim duch kelamiz. Shuning uchun ularning tebranishlarini o'rganish, so'ndirish, rezonans holatlaridan uzoqlashish yoki ulardan foydalanish qaralayotgan mexanik sistemalarni matematik modellashtirish masalasini o'rganish, rivojlantirishni taqozo etadi. Ushbu muammolarning turli ko'rinishdagi masalalariga bag'ishlangan ilmiy ishlar, monografiyalar va darsliklar anchagina salmoqlidir.

Ma'lumki, mexanik sistemalarni matematik modellashtirish turli usullarda amalga oshirilishi mumkin. Ularning eng soddalari bilan Nazariy mexanika va analitik mexanika kurslarida tanishib chiqqanmiz.

Lekin chiziqlimas mexanik sistemalarni modellashtirish chiziqli mexanik sistemalarnikidan o'ziga xos jihatlari bilan ajralib turadi. Bu avvalambor mexanik sistemaga qo'yilgan ichki yoki tashqi kuchlarning chiziqlimas bo'lishidadir. Mexanik sistemaning bu hadlarini matematik modelini yaratish ustida juda ko'p olimlar ter to'kkanlar. Biz quyida suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan dinamik so'ndirgichlarning hamda gisterezis elastik dissipativ xarakteristikali elementlarning matematik chiziqlimas va chiziqlashtirilgan modelini yaratishdagi qilingan limiy izlanishlarning tahlilini keltirib o'tamiz.

Dinamik so'ndirgichlarga ega bo'lgan mexanik sistemalarning amaliy ahamiyati va takomillashtirish darajasi ko'pincha sistema dinamikasining matematik modlei haqiqiysiga qay darajada yaqinligi, sistemaning haqiqiy harakatlari matematik modelidagiga qanchalik mos kelishi bilan bog'liq. Aytilgan bu fikrlar ayniqsa, suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan dinamik so'ndirgichlarga taalluqli. Bunday dinamik so'ndirgichlar qattiq va suyuq jismlardan tashkil topgan mexanik sistema sifatida modellashtiriladi. Ko'pchilik hollarda bunday tipdagi

mexanik sistemalarning hisobi keng tarqalgan tradision dinamik so'ndirgichlarga keltirilib, suyuqliklikning inertlik xarakteristikalari e'tiborga olinmaydi. qattiq va suyuq jismlardan tashkil topgan mexanik sistemalarning asosiy jihati bunday sistemalarning erkinlik darajasining chegaralanmaganligidadir. Bu esa mexanik sistemlarning harakat tenglamalarining oddiy va xususiy hosilali differensial tenglamalar yoki integrodifferensial tenglamalar bilan ifodalanishi mumkinligini ifodalaydi. Bunday sistemaning soddalashtirilgan modelini yaratish qattiq va suyuq jismlar sistemasi uchun chekli o'lchamli modellarning qo'llanilishi bilan bog'liq. Shu bilan birga sistema harakatlarini ifodalovchi dinamik operator butun sistema harakatlarini ifodalovchi oddiy differensial tenglamalar orqali ifodalanadi. Magistrlik dissertasiyasida suyuq va qattiq jismlardan tashkil topgan dinamik so'ndirgichlarning matematik modelini yaratishda chekli erkinlik darajasiga ega mexanik sistemalar sifatida qaralgan.

Gisterezis elastik-xarakteristikali mexanik sistemalarning o'ziga xos jihatlarini, ya'ni

- a) elastik-dempferlovchi elementlarda hosil bo'ladigan kuchlanishlarning deformatsiya tezligiga bog'liq emasligini;
- b) kuchlanishlar va deformatsiyalar orasida chiziqlimas va bir qiymatlimas munosabatlar bilan bog'langanligini;
- c) siklik ravishda ro'y beradigan yuklanishlarda to'liq sikldagi energiya tarqalishi grafik ravishda yopiq egri chiziqning yuziga son qiymatdan teng bo'lishini (ilmiy adabiyotlarda bu yopiq egri chiziq «gisterezis tuguni» deb ataladi) N.N.Davidenkov, I.L.Korchinskiy, D.Yu.Panov, Ye.S.Sorokinlarning ishlarida uchratish mumkin.

Gisterezis tugunining dastlabki matematik ifodasini Ye.S.Sorokin ishida keltirib o'tadi. Bunda muallif gisterezis tugunini ellips ko'rinishiga ega bo'ladi, deb va tebranishlar jarayonida kuchlanishlar garmonik qonun bo'yicha o'zgaradi degan taxminlarni ilgari surib, ichki ishqalanish kuchi bu elastik tiklovchi kuch va

noelastik qarshilik kuchlarining yig'indisiga teng degan xulosaga kelib, uni quyidagi formula bilan ifodalaydi:

$$S^* = \left(1 + \frac{i\delta}{\pi}\right) S,$$

bunda S^* – ichki ishqalanish kuchi; S – chiziqli ishqalanish kuchi; δ – tebranishlar dekrementi; i – mavhum (kompleks) birlik.

Ye.S.Sorokindan keyingi olimlarning tadqiqotlari deformatsiya va kuchlanish munosabatlar chiziqli funksiyalarga (Gukning deformatsiya va kuchlanish orasidagi chiziqli munosabatiga) yaqin deb hisoblab, bu munosabatning quyidagicha tenglik bilan ifodalangan ko'rinishlaridan foydalanishgan:

$$\sigma(\xi) = E \left[\xi + \varepsilon \vec{\Phi}(\xi) \right],$$

bunda E – Yung moduli; ξ – deformatsiya; $\varepsilon \vec{\Phi}(\xi)$ - ichki ishqalanishni ifodalovchi bir qiymatli bo'lmagan chiziqlimas funksional; ε – kichik parametr.

Chiziqlimas sistemalarning dinamikasini tekshirishning samarali metodlaridan – kichik parametrlar metodi, garmonik chiziqlashtirish metodi, o'zgaruvchilarni ajratish metodi, o'rtalashtirishlar metodi, asimptotik metodlarni misol qilib keltirish mumkin.

Kichik parametr metodining asoslari A.Puankarening klassik ishlaridan boshlanib, keyinchalik A.M.Lyapunov tomonidan rivojlantirilgan. Bu metod chiziqlimas sistemalar tebranishlari nazariyasining universal metodlaridan hisoblanadi.

Garmonik chiziqlashtirish metodi ancha murakkab, asosan avtomatik boshqaruv sistemalarining tahlilida qo'llaniladi. Bu sistemalarning chiziqlimaslik darajasi yuqori bo'lib, bu chiziqlimas elementga kirishdagi o'zgaruvchilarning

xarakteri sistemaning chiziqli qismlarida filtrlovchi xossalarning mavjudligi haqidagi nazariyaga asoslangan.

O'rtalashtirishlar metodi chiziqlimas differensial tenglamalar sistemasini yechishning asimptotik usuli bo'lib, bu tenglamalarni dastlabki tenglamalarning talab etilgan yechimlari xususiyatlarini saqlagan holda sodda tenglamalar sistemasi bilan almashtirishga asoslangan. Bu metodning paydo bo'lishini N.N.Bogolyubovning nomi bog'lashadi.

Chiziqlimas tebranishlarning asimptotik metodlari N.M.Krilov, N.N.Bogolyubov, Yu.A.Mitropolskiy, A.A.Andronovlarning ilmiy ishlarida rivojlantirilgan.

Mexanik sistemalarning modellashtirilishi to'g'risida yuqorida keltirilgan adabiyotlarning tahlili shuni ko'rsatadiki, murakkab mexanik sistemalarning matematik modellashtirilishi uchun zamonaviy har qanday mexanik sistemalarning matematik modellashtirilishi uchun universal modellashtirish tilini yaratish hozirgi zamon talabi ekanligini payqash qiyin emas.

Mashina va mexanizmlarning tebranishlarini susaytirish ularning mustahkamligini, ishlash muddatini oshirish uchun muhim bo'lgan dolzarb muammolardan hisoblanadi. Tebranishlardan himoyalash poyezdlar, samolyotlar, kemalar harakatining havfsizligini oshirishda, muhandislik inshootlarini zararli tebranishlaridan qutulishda, yuqori qavatli inshootlarning zilzila bardoshligini oshirishda keng qo'llaniladi. Bu masalaning dolzarbligi qurilmalar o'lchamlarining o'zgarishi, qurilmalarning tebranishlariga qo'yiladigan talablarning ortishi, texnikada turli kompozision materiallarning qo'llanilishining kengayib borishi bilan ortib boradi. Ushbu yo'nalish bo'yicha Snoudon, K.V.Frolov, M.Z.Kolovskiy, A.M.Alekseyeva, A.K.Sborovskogo, I.Yu.Iorish, S.V.Yeliseyev, G.P.Nerubenko, V.S.Ilinskiy, V.B.Yakovenko, M.A.Pavlovskiy, L.M.Rijkov, V.B.Yakovenko, O.M.Dusmatov v.b.larning monografiyalari bilan bir qatorda ko'plab maqolalarni sanab o'tish mumkin. Bu ishlarda dinamik so'ndirgichli

mexanik sistemalarning statsionar va nostatsionar tasodifiy tebranishlari tadqiq etilgan. «Oq shovqin» turidagi qo'zg'atishlar ta'sir etganda bir massali mexanik sistemaga dinamik so'ndirgichning o'rnatilishi himoyalananayotgan obyektning tezliklarining o'rta kvadratik qiymatlarini o'zgartirmas ekan, tebranishlarning miqdorini kamaytirish uchun dinamik so'ndirgichga dempfer o'rnatiladi. Bunday sistemalarning optimallashtirilish masalasi qarab o'tiladi.

Bu ishlarning ba'zilar himoyalananayotgan sistemada o'tish jarayonining kechishini tekshirishga bag'ishlangan. Dinamik so'ndirgichlarda dempferlashning mavjudligi o'tish jarayonining kechishiga sezilarli ta'sir o'tkazadi. Kubik qonuniyat bo'yicha o'zgaradigan chiziqlimaslikka ega bo'lgan sistemalar, bikrlilikning giperbolik sinus qonuniyati bo'yicha o'zgaruvchi, bo'lakli chiziqlimaslikka ega bo'lgan sistemalarning tebranishlari masalalari qoraladi. Izoklinalar metodi, Galyorkin metodlari yordamida chiziqlimas mexanik sistemalarda tebranishlar chastotasi tebranishlar amplitudalariga bog'liq bo'lishligi ko'rsatib o'tilgan, shu bois bunday mexanik sistemalarda ustivor bo'lmagan tebranishlar mavjud bo'lishi mumkin. Chiziqlimas demferlashga ega bo'lgan dinamik so'ndirgichlar, suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan, zarbali dinamik so'ndirgichlar, turli qatlamlarga ega bo'lgan dinamik so'ndirgichlarning dinamikasi o'rganilgan. Dinamik so'ndirgichlarning effektivligiga bag'ishlangan adabiyotlar ham yetarlicha.

[] da ikki massali mexanik sistemalardan tortib, murakkablashtirilgan – richagli, ko'p massali, chiziqlimas elastik xarakteristikali dinamik so'ndirgichlar qatnashgan mexanik sistemalarning dinamikasi tekshirilgan. Barqarorlashgan harakatlar, o'tish jarayonlari tekshirilgan, qurish jarayonida mexanik sistema parametrlarini xatoliklarining sistema tebranishlariga ta'siri o'rganib chiqilgan.

Suyuqlik ichiga o'rnatilgan osma jismlarning vibroustivorligi masalasi [] da qarab o'tilgan. Unda bunday sistemalar muvozanat holati ustivorligining zahirasi tashqi sfera aylanishining ortishi bilan ortib borib, ichki sferaning aylanishi bilan kamayishi ko'rsatilgan.

Bundan tashqari yetaklovchi jismlarga sharnir vositasida biriktirilgan rolikli kovushoq elastik xarakteristikali dinamik so'ndirgichlarning harakati dinamikasi o'rganilgan. Garmonik qo'zg'alishlardagi mexanik sistema va dinamik so'ndirgich parametrlari orasidagi bog'lanishlar qanday bo'lganda sistema harakatlari optimal bo'lishligi masalasi yechilgan.

Yuqorida keltirilgan sharhlardan xulosa chiqarish mumkinki, ko'pgina ishlar tebranishlardan himoyalannuvchi sistemalarning dinamikasi o'rganilayotganda qovushoqli yoki geometrik chiziqlimaslikka ega bo'lgan dinamik so'ndirgichlarga ega mexanik sistemalar tekshiriladi. Lekin ko'plab tajribalar shuni ko'rsatadiki, ko'pchilik kompozision materiallar gisterezis tipidagi elastik xarakteristikaga egaligini ko'rsatdi. [] da gisterezis tugunlarini ifodalash uchun turli olimlar tomonidan taklif etilgan ifodalarning bir nechta variantlari keltirilgan.

Shu bilan birga nomukammal elastik xarakteristikali mexanik sistemalar o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lishi – tebranishlar chastotasining amplitudalarga bog'liqligi bunday mexanik sistemalarning ustivorligini tekshirish masalasining dolzarbligi oshadi. Shunday masalalarga [] ishlar misol bo'la oladi. Ularda elastiklik xarakteristikasi kvadratik va kubik bog'lanishlarda bo'lgan chiziqlimas sistemalar qarab o'tilgan. Noustivor yechimlar mavjud bo'lishi mumkinligi ko'rsatib o'tilgan.

Nomukammal elastik xarakteristikali mexanik sistemalarning chiziqlimas tebranishlari masalalari turli ko'rinishda [] da qarab o'tilgan. Bunday mexanik sistemalarni tekshirish uchun matematik apparatlar keltirilgan. Ekvivalent va statistik chiziqlashtirish usullarining chastotaga bog'liq va bog'liq bo'lmagan ko'rinishlardagi ifodalari qo'llaniladi.

Gisterezis elastik xarakteristikali Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalannuvchi sistemalarning tebranishlari masalasi qarab o'tilgan. Qisqa polosali tasodifiy jaraynlar uchun vertikal urinmalar metodi qo'llanilgan. Qaralayotgan mexanik sistema statsionar tebranishlarining ustivorligi

masalasi qaralgan. Chiziqlashtirish koeffitsiyentlarining amplitudaga bog'liqligi kvadratik va kubik bo'lgan hollar uchun ustivorlik shartlari va ustivorlik sohalari olingan. Gisterezis elastik xarakteristikali mexanik sistemalarning tebranishlarini asimptotik metodlar yordamida tekshirgan. Unda rezonans egri chizig'ining tebranishlar amplitudasiga bog'liqligi ko'rsatilgan. Sistema tebranishlarining dinamikasi va optimallashtirish masalasi qarab o'tilgan. Dinamik so'ndirgichlarning rostanishining amplituda-chastota xarakteristikasida invariant nuqtalarning mavjudligidan foydalanib optimallik kriteriylari berilgan.

Aytilganlardan ko'rinib turibdiki, gisterezis elastik xarakteristikali tebranishlardan himoyalanuvchi sistemalarning dinamikasini tekshirish, tebranishlarining ustivorligini tadqiq etish muammolari oxirigacha yechilmagan.

1.2 Dinamik so'ndirgichning qattiq va suyuq jismlar sistemasi sifatidagi chekli o'lchovli modeli

Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan dinamik so'ndirgich bilan himoyalanuvchi jism birgalikda ikkita qattiq jism va bitta suyuq jismdan iborat mexanik sistema qaraladi. Qattiq jismlarning harakatlari biror vertikal x o'q bo'ylab ilgarilanma harakatlar sodir etadi. Bu yuklarning holatlari ikkita umumlashgan koordinatalar bilan x_1 va x_2 lar bilan aniqlanadi. Bunda x_1 – birinchi yukning asosga nisbatan koordinatasi; x_2 – esa ikkinchi yukning birinchi yukka nisbatan koordinatasi.

Bu ikki yukdan tashkil topgan mexanik sistemaning x_1 va x_2 koordinatalarga nisbatan harakat differensial tenglamalarini keltirib chiqarish uchun Eyler-Lagranj tenglamalaridan foydalanish mumkin. Shu bilan birga mexanik sistemaning muvozanat holati atrofida kichik tebranishlari uchun chiziqlashtirilgan tenglamalari sistema kinetik, potensial energiyalari va dissipativ funksiyalarini o'zgarmas koeffitsiyentli kvadratik formalar quyidagi ko'rinishda tasvirlangan holda olamiz:

$$2T = \dot{X}^T A \dot{X}; \quad 2\Pi = X^T C X; \quad 2\Phi = \dot{X}^T K \dot{X}. \quad (1.2.1)$$

Qaralayotgan mexanik sistema harakat differensial tenglamalari matrisaviy ko'rinishda quyidagicha yoziladi:

$$A\ddot{X} + K\dot{X} + CX = F; \quad (1.2.2)$$

bu yerda

$$\ddot{X} = \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix}; \quad \dot{X} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}; \quad F = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix}; \quad (1.2.3)$$

lar mos ravishda umumlashgan tezlanish, umumlashgan tezliklar, umumlashgan koordinatalar va ko'chirma harakat inersiya kuchlari.

$$A = \begin{bmatrix} m_1 + m_2 + m_3 & m_2 - m_b \\ m_2 - m_b & m_2 + m_n \end{bmatrix}; \quad K = \begin{bmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{bmatrix}; \quad c = \begin{bmatrix} c_1 & 0 \\ 0 & c_2 \end{bmatrix}; \quad (1.2.4)$$

Mos ravishda kinetik energiya, dissipativ funksiya va potensial energiyalarning koeffitsiyentlari matrisasi bo'lib, bunda m_1, m_2, m_3 – lar mos ravishda 1, 2, 3 yuklarning massalari, m_n – ikkinchi yukka birikkan suyuqlik massasi; m_b – ikkinchi yuk tomonidan siqib chiqilgan suyuqlik massasi; k_1, c_1 – mos ravishda birinchi yuk va taglik orasidagi dempferlash va bikrlik koeffitsiyentlari; k_2, c_2 – mos ravishda suyuqlikning dempferlash koeffitsiyenti va dinamik so'ndirgichdagi elastik elementning bikrligi.

Asos tebranishlarining tezlanishlari w_0 bo'lgan holda birinchi yukning absolyut tezlanishi

$$w_1 = w_0 + \ddot{x}_1 \quad (1.2.5)$$

bo'ladi.

Bu holda umumlashgan inersiya kuchlarining umumiy ko'rinishi

$$F = \begin{bmatrix} -w_0(m_1 + m_2 + m_3) \\ -w_0(m_2 - m_b) \end{bmatrix}$$

da bo'ladi.

Sistema harakatlari chiziqli differensial tenglamalar bilan ifodalanganligi uchun uzatish funksiyalaridan foydalanamiz.

Himoyalannuvchi obyekt bilan dinamik so'ndirgichning uzatish funksiyasi (1.2.2) va (1.2.6) lar asosida (1.2.5) ni e'tiborga olsak,

$$W(s) = \frac{\sum_{i=0}^3 a_i s^i}{\sum_{i=0}^4 b_i s^i} \quad (1.2.7)$$

ko'rinishida bo'ladi.

Bu yerda quyidagi belgilashlar amalga kiritilgan:

$$a_0 = 1; \quad a_1 = \frac{k_1}{c_1} + \frac{k_2}{c_2};$$

$$a_1 = \frac{k_1}{c_1} \frac{k_2}{c_2} + \frac{m_2 + m_n}{c_2}; \quad a_3 = \frac{k_1}{c_1} + \frac{m_2 + m_n}{c_2};$$

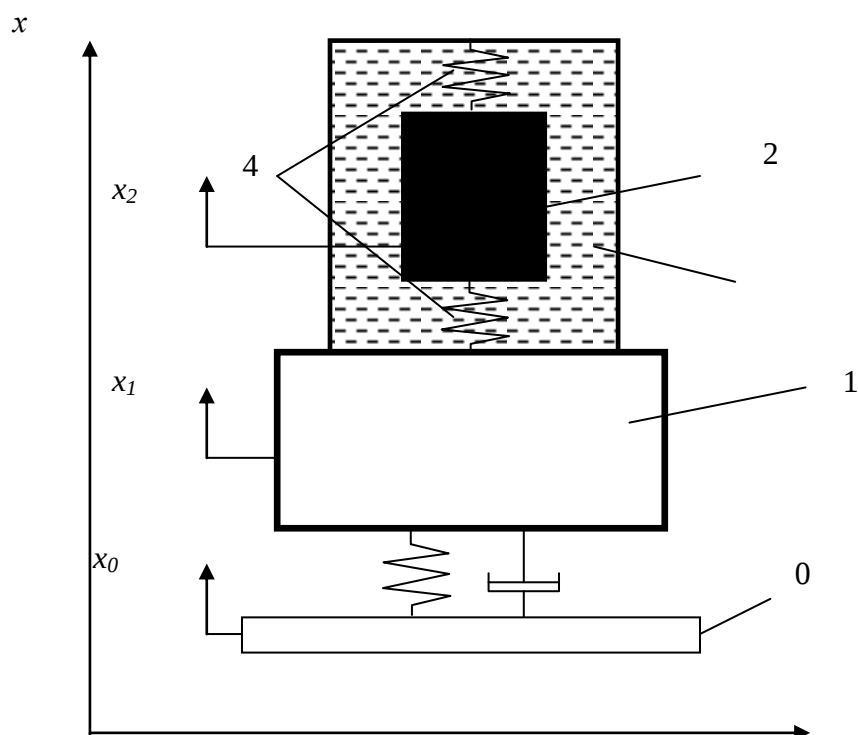
$$b_0 = 1; \quad b_2 = \frac{k_1}{c_1} \frac{k_2}{c_2} + \frac{m_2 + m_n}{c_2} + \frac{m_1 + m_2 + m_3}{c_1};$$

$$b_1 = \frac{k_1}{c_1} + \frac{k_2}{c_2}; \quad b_3 = \frac{k_2}{c_2} \frac{m_1 + m_2 + m_3}{c_1} + \frac{k_1}{c_1} \frac{m_2 + m_n}{c_2};$$

$$b_4 = \frac{m_2 + m_n}{c_2} \frac{m_1 + m_2 + m_3}{c_1} - \frac{(m_2 - m_b)^2}{c_1 c_2} ..$$

(1.2.7) suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan dinamik so'ndirgich bilan birgalikda tebranishlardan himoyalانuvchi sistema to'qqizta o'lchovli parametr – $c_1, c_2, k_1, k_2, m_1, m_2, m_3, m_b, m_n$ larga bog'liq bo'lib, ushbu mexanik sistemaga o'xshash faqat qattiq jismlardan iborat bo'lgan dinamik so'ndirgichlardan o'rnatilgan tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalar faqat oltita parametrغا bog'liq, ya'ni bu sistema suyuqlikning inersion xarakteristikalarini o'z ichiga olmaydi.

Bu yerda o'z-o'zidan shunday savol paydo bo'ladi – suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan dinamik so'ndirgichlar va qattiq jismlardan iborat bo'lgan dinamik so'ndirgichlar parametrlari orasida biror bog'lanish bo'lib, dinamik so'ndirgichlarning birini boshqasi bilan almashtirish mumkin bo'ladimi, degan savol paydo bo'ladi. Bu savolga magistrlik dissertasiyasining keyingi paragrafida javob topamiz.



1.3. Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan dinamik so'ndirgichlar va qattiq jismlardan iborat dinamik so'ndirgichlarni ekvivalent almashtirish

Qattiq jismlardan tashkil topgan dinamik so'ndirgichli tebranishlardan himoyalovchi sistemalarni ikkita qattiq jism va elastik elementlardan tashkil topgan mexanik sistema sifatida tasvirlash mumkin (rasm 1.1). Sistemaning harakatlari ikkita koordinatalar – x_1 va x_2 umumlashgan koordinatalar bilan aniqlanadi. (1.2.2) va (1.2.3) tenglamalardan farqli ravishda bu sistemaning harakat differensial tenglamalari quyidagicha aniqlanadi:

$$A' \ddot{X} + K' \dot{X} + C' X = F'; \quad (1.3.1)$$

bu yerda

$$\ddot{X} = \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix}; \quad \dot{X} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}; \quad F' = \begin{bmatrix} -w_0(m'_1 + m'_2) \\ -w_0 m'_2 \end{bmatrix}; \quad (1.3.2)$$

$$A' = \begin{bmatrix} m'_1 + m'_2 & m'_2 \\ m'_2 & m'_2 \end{bmatrix}; \quad K' = \begin{bmatrix} k'_1 & 0 \\ 0 & k'_2 \end{bmatrix}; \quad C' = \begin{bmatrix} c'_1 & 0 \\ 0 & c'_2 \end{bmatrix}; \quad (1.3.3)$$

mos ravishda umumlashgan tezlanishlar, tezliklar, koordinatalar va kuchlar; kinetik energiya, dissipativ funksiya va potensial energiyaning koeffitsiyentlari matrisalar. Mos indekslar mos jismlarning raqamlarini anglatib, m_1 va m_2 – massalar; k_1 va k_2 – dempferlash koeffitsiyentlari; c_1 va c_2 – bikrlilik koeffitsiyentlari.

Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlarni dinamik so'ndirgichlarni qattiq jismlardan iborat dinamik so'ndirgichlarga ekvivalent almashtirish masalasini qaraymiz.

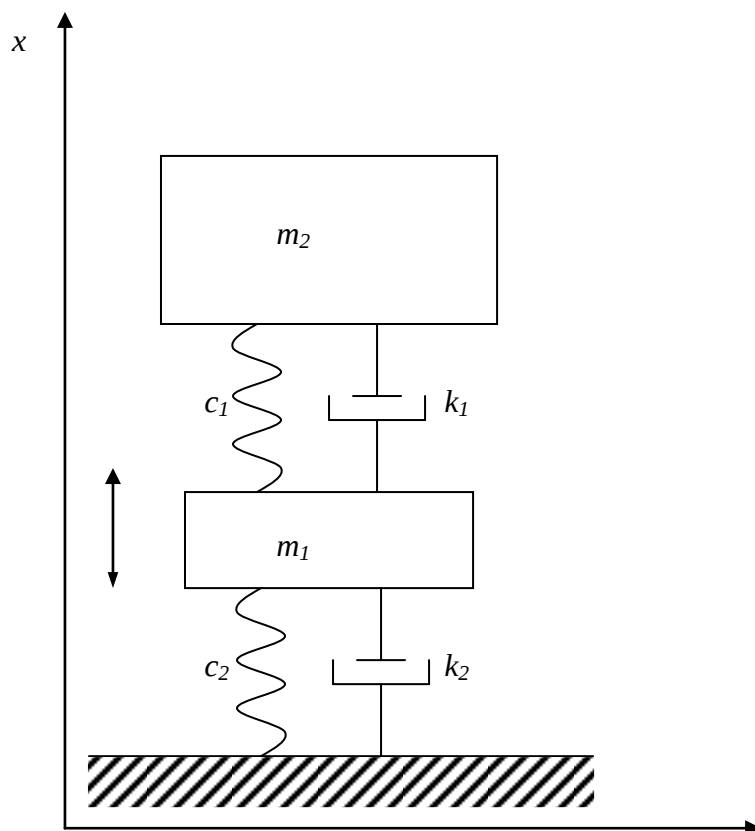
Buning uchun (1.3.1) tenglamalar bilan aniqlanuvchi mexanik sistema uchun uzatish funksiyasini tuzamiz:

$$W'(s) = \frac{w'_1(s)}{w_0(s)}; \quad W(s) = \frac{w_1(s)}{w_0(s)},$$

bu yerda

$$W'(s) = \frac{\sum_{i=0}^3 a'_{1i} s^i}{\sum_{i=0}^4 b'_{1i} s^i} \quad (1.3.4)$$

ko'rinishida bo'ladi.



rasm 1.1. Dinamik so'ndirgichli tebranishlardan himoyalانuvchi sistema

Bu yerda quyidagi belgilashlar amalga kiritilgan:

$$a'_0 = 1; \quad a'_1 = \frac{k'_1}{c'_1} + \frac{k'_2}{c'_2};$$

$$a'_2 = \frac{k'_1}{c'_1} \frac{k'_2}{c'_2} + \frac{m'_2}{c'_2}; \quad a'_3 = \frac{k'_1}{c'_1} \frac{m'_2}{c'_2};$$

$$b'_0 = 1; \quad b'_2 = \frac{k'_1}{c'_1} \frac{k'_2}{c'_2} + \frac{m'_2}{c'_2} + \frac{m'_1 + m'_2}{c'_1};$$

$$b'_1 = \frac{k'_1}{c'_1} + \frac{k'_2}{c'_2}; \quad b'_3 = \frac{k'_2}{c'_2} \frac{m'_1 + m'_2}{c'_1} + \frac{k'_1}{c'_1} \frac{m'_2}{c'_2}; \quad b'_4 = \frac{m'_1}{c'_1} \frac{m'_2}{c'_2}.$$

Dinamik so'ndirgichlar o'zaro keltirilishi uchun ularning uzatish funksiyalari teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$W(\omega) = W'(\omega) \quad (1.3.5)$$

Oxirgi tenglik mavhum chastotaning istalgan qiymatlarida teng bo'lishi uchun uzatish funksiyalarining mos koeffitsiyentlari teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$a'_0 = a_0; \quad a'_1 = a_1; \quad a'_2 = a_2; \quad a'_3 = a_3; \quad (1.3.6)$$

$$b'_1 = b_1; \quad b'_2 = b_2; \quad b'_3 = b_3; \quad b'_4 = b_4.$$

(1.3.6) tengliklarning bajarilishi uchun erkin qolgan uchta parametr – m'_2 , c'_2 , k'_2 noma'lumlarni shunday tanlaymizki, mos koeffitsiyentlar teng bo'lib qolsin. Oxirgi tengliklar faqat

$$(m_2 + m_3)(m_2 + m_n) = (m_2 - m_b)^2 \quad (1.3.7)$$

shart bajarilgandagina o'rinli bo'lishi mumkin va bu munosabatlar quyidagicha yoziladi:

$$m'_2 = m_2 + m_3 = \frac{(m_2 - m_b)^2}{m_2 + m_n};$$

$$k'_2 = k_2 \frac{m_2 + m_n}{m_2 + m_3} = k_2 \frac{(m_2 - m_b)^2}{(m_2 + m_3)^2}; \quad (1.3.7)$$

$$c'_2 = c_2 \frac{m_2 + m_n}{m_2 + m_3} = c_2 \frac{(m_2 - m_b)^2}{(m_2 + m_3)^2}.$$

(1.3.7) tengliklar bajarilmasa, dinamik so'ndirgichlarning ekvivalent almashtirilishi mumkin emas.

Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan va qattiq jismlardan iborat dinamik so'ndirgichli himoyalanuvchi sistemalarning modellarini ba'zi holatlar uchun solishtiramiz. Faraz qilamiz dempferlash koeffitsiyentlari $k_2 = k'_2 = 0$ bo'lsin.

U holda qaralayotgan sistemalarning uzatish funksiyalari quyidagi ko'rinishlarni oladi:

$$W'(s) = \frac{\left(s^2 \frac{m'_2}{c'_2} + 1\right) \left(s \frac{k'_1}{c'_1} + 1\right)}{\left(s^2 \frac{m'_2}{c'_2} + 1\right) \left(s^2 \frac{m'_2}{c'_1} + s \frac{k'_1}{c'_1} + 1\right) + s \frac{m'_2}{c'_1}} \quad (1.3.8)$$

$$W(s) = \frac{\left(s^2 \frac{m_2 + m_n}{c_2} + 1\right) \left(s \frac{k_1}{c_1} + 1\right)}{\left(s^2 \frac{m_2 + m_n}{c_2} + 1\right) \left(s^2 \frac{m_1 + m_2 + m_3}{c_1} + s \frac{k_1}{c_1} + 1\right) - s^4 \frac{(m_2 - m_b)^2}{c_1 c_2}} \quad (1.3.9)$$

Oxirgi tengliklardan ko'rinib turibdiki, har ikkala holda ham antirezons chastotalarida himoyalanuvchi obyektning tebranishlarini to'lasincha so'ndirish imkoniyati bor ekan. Bu antirezons chastotalar mos ravishda quyidagicha

$$\omega' = \sqrt{\frac{c'_2}{m'_2}}; \quad \omega = \sqrt{\frac{c_2}{m_2 + m_n}}. \quad (1.3.10)$$

Lekin suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan himoyalanuvchi sistemada

$$m_2 - m_b = 0$$

shart bajarilsa, ya'ni suyuqlik ichidagi yuk muallaq suzib yursa, (1.3.9) uzatish funksiyasi

$$W(s) = \frac{s \frac{k_1}{c_1} + 1}{s^2 \frac{m_1 + m_2 + m_3}{c_1} + s \frac{k_1}{c_1} + 1} \quad (1.3.11)$$

ko'rinishni oladi. Bu esa antirezons chastotasining mavjud emasligini ko'rsatadi.

(1.3.10) dan ko'rinib turibdiki, suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan dinamik so'ndirgichlarda qo'shimcha yukning hisobidan tebranishlarni chastotalar yetarlicha kichik bo'lgan hollarda ham so'ndirish imkoniyati borligini ko'rish mumkin. Bu yukning massasini hattoki himoyalanuvchi obyektning massasidan katta qilib tanlagan holda ham tebranishlarni so'ndirishni amalga oshirish mumkin ekan.

1-BOB BO'YICHA XULOSALAR

- suyuqlik bo'g'iniga ega dinamik so'ndirgichli tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalarning uzatish funksiyalari qattiq jismlardan tashkil topgan dinamik so'ndirgichli sistemalarning uzatish funksiyalariga qaraganda ko'proq argumentli funksiya bo'ladi;
- suyuqlik bo'g'iniga ega dinamik so'ndirgichli tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalar (1.3.7) shartlar bajarilganda qattiq jismlardan tashkil topgan dinamik so'ndirgichli sistemalarga ekvivalent bo'ladi;
- suyuqlik bo'g'iniga ega tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalarda dinamik so'ndirgichga o'rnatilgan yuk muallaq holatida bo'lgan holda himoyalانuvchi obyektни to'lasincha so'ndirish imkoniyati mavjud emas;

2-BOB. SUYUQLIK BO'G'INIGA EGA TEBRANISHLARDAN HIMOYALANUVCHI SISTEMALARNING PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH

Magistrlik dissertasiyasining ushbu bobi tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalarning oldindan berilgan tashqi uyg'otuvchi kuchlarning parametrlari uchun sifat kriteriysi asosida optimalashtirishga bag'ishlanadi. Tebranishlardan himoyalانuvchi sistemallarning optimallashtirish kriteriysi sistema amplituda-chastota xarakteristikasining maksimal amplitudalarining teng bo'lish shartlariga asoslanadi.

Tebranishlardan himoyalانuvchi sistemaning uzatish funksiyasi (1.2.7) ifodada $k_1=0$, $s=i\omega$, deb olib, dinamik so'ndirgichli tebranishlardan himoyalانuvchi sistema uchun dinamik uzatish koeffisiyentini topamiz:

$$W(\Omega) = \left[\frac{A^2 + B^2}{C^2 + D^2} \right]; \quad (2.1)$$

bunda

$$A = R^2 - \Omega^2; \quad B = 2bR\Omega;$$

$$C = (1 + \mu_0 + \mu_1 - \mu_2)\Omega^4 - [(1 + \mu_0 + \mu_1)R^2 + 1] + R^2; \quad (2.1')$$

$$D = 2bR(1 - (1 + \mu_0 + \mu_1)\Omega^2)\Omega.$$

Bu yerda quyidagi o'lchovsiz parametrlar kiritilgan:

$$R = \frac{\omega_1}{p}; \quad \Omega = \frac{\omega}{p}; \quad b = \frac{k_2}{2\sqrt{c_2(m_2 + m_n)}};$$

p – himoyalانuvchi obyektning xususiy chastotasi;

$$\mu_0 = \frac{m_2}{m_1}; \quad \mu_1 = \frac{m_3}{m_1}; \quad \mu_2 = \frac{(m_2 - m_b)^2}{m_1(m_2 + m_n)}.$$

Shunday qilib, (2.1) uzatish ko'effitsiyenti asosida sistema parametrlarining himoyalannuvchi obyekt tebranishlarini so'ndirish samarasiga ta'sirini o'rganishi mumkin.

Belgilangan chastotada tebranishlarning samarasi dinamik uzatish ko'effitsiyentining sistema parametrlarining tebranishlarni so'ndirishga ta'sirini baholash mumkin. O'lchovsiz parametr b faqat B va D ifodalarda qatnashadi va

$$\frac{A}{C} = \frac{B}{D} \quad (2.2)$$

shart bajarilganda uzatish ko'effitsiyenti bu parametrqa bog'liq bo'lmaydi.

(2.2) shart bajarilganda dinamik uzatish ko'effitsiyentining b parametrqa bog'liq bo'lmasligidan quyidagi bikvadrat tenglamani hosil qilamiz:

$$\Omega^4 - 2 \frac{(1 + \mu_0 + \mu_1)R^2 + 1}{2(1 + \mu_0 + \mu_1) - \mu_2} + \frac{R^2}{2(1 + \mu_0 + \mu_1) - \mu_2} = 0. \quad (2.3)$$

Oxirgi tenglamaning musbat ildizlarini Ω_1 va Ω_2 deb belgilab olamiz.

Shunday qilib, (2.1) amplituda-chastota xarakteristikasi grafigida ikkita invariant nuqta (musbat ildizlarga mos keluvchi) lar mavjudki, sistemaning b parametrining o'zgarishi bilan amplituda-chastota xarakteristikasining bu nuqtalari o'zgarimasdan qoladi.

Bu amplituda-chastota xarakteristikasining b ning 0; 0,02; 0,03; qiymatlari uchun olingan grafiklaridan ko'rinib turibdiki, bu uchta grafik b ning turli qiymatlari uchun ikkita invariant nuqtada kesishadi.

b ning qiymatini cheksizlikka intiltirib, amplituda-chastota xarakteristikasi uchun

$$W(\Omega) = \frac{1}{|1 - (1 + \mu_0 + \mu_1 + \mu_2)\Omega^2|} \quad (2.4)$$

(2.3) va (2.4) lardan

$$\Omega_1^2 + \Omega_2^2 = \frac{2}{21 + \mu_0 + \mu_1} \quad (2.5)$$

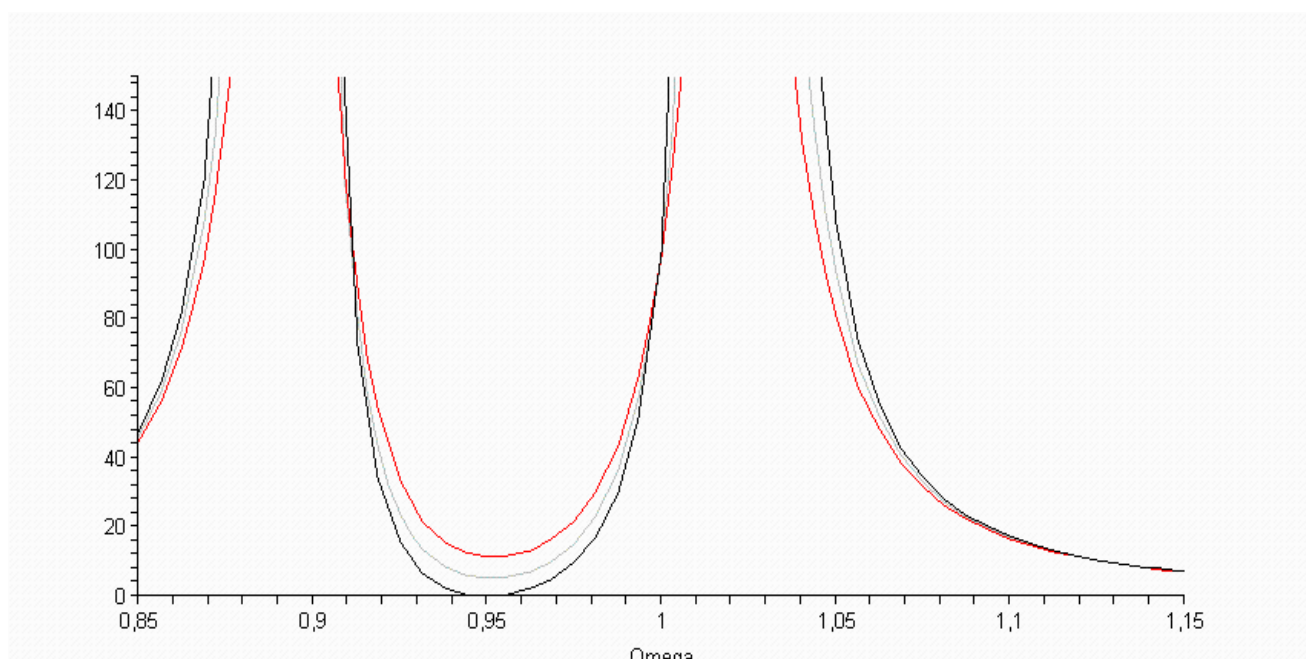
Ikkinchi tomondan (2.3) dan

$$\Omega_1^2 + \Omega_2^2 = \frac{2(1 + \mu_0 + \mu_1) + 2}{2(1 + \mu_0 + \mu_1) - \mu_2} \quad (2.6)$$

Oxirgi ikki ifodalarni tenglashtirib,

$$R = \frac{\sqrt{1 + \mu_0 + \mu_1 - \mu_2}}{1 + \mu_0 + \mu_1} \quad (2.7)$$

Olingan oxirgi ifoda tebranishlardan himoyalanuvchi sistemaning optimal rostlanishi shartini ifodalaydi



2-BOB BO'YICHA XULOSALAR

- suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalarning parametrlarini shunday tanlab olish mumkin ekanki, sistema amplituda-chastota xarakteristikasining maksimal amplitudalari teng bo'ladi;
- sistemaning optimal rostlanishi uchun (2.1') o'lchovsiz kattaliklarga o'tish bajarilayotgan hisoblashlarni kamaytiradi;
- qaralayotgan tebranishlardan himoyalانuvchi sistema uchun parametrlarning turli qiymatlari uchun amplituda-chastota xarakteristikasining ikkita invariant nuqtalari mavjud;
- tebranishlardan himoyalانuvchi sistema parametrlari uchun (2.7) munosabat himoyalانuvchi sistema optimal rostlanishining zaruriy sharti hisoblanadi.

3-BOB

СҮҮҚЛИК БЎҒИНИГА ЭГА ВА GISTEREZIS ELASTIK DEMPFERLOVCHI XARAKTERISTIKALI TEBRANISHLARDAN HIMOYALANUVCHI SISTEMALARNING USTIVORLIGINI TEKSHIRISH

3.1 Energiya tarqalishi haqida asosiy tushunchalar

Ushbu bobda suyuqlik bo'g'iniga ega dinamik so'ndirgichli tebranishlardan himoyalanuvchi tizimlarning stasionar tebranishlari ustivorligi masalasi qaraladi. Ushbu mexanik sistemaga qattiq jismdan iborat bo'lgan kameraga joylashtirilgan (2) qattiq jism va (3) siqilmas suyuqlikdan tashkil topgan tebranishlarni dinamik so'ndirgich o'rnatilgan. Suyuqlik qattiq jismlar sirtlari orasida uzluksiz ravishda taqsimlangan. Kamera ichiga joylangan qattiq jism ilgari lanma harakat sodir eta oladi. Ushbu harakat suyuqlikka, sistemaning elastik elementiga (4) uzatilib, mexanik sistemaning tebranishlarini so'ndiradi. [] da ushbu mexanik sistemaning matematik modellashtirilishi masalasi chiziqli va chiziqli bo'lmagan hollar uchun qarab o'tilgan. Bu yerda biz shu ishda keltirilgan natijalardan foydalangan holda gisterezis elastik dempferlovchi xarakteristikali suyuqlik bo'g'iniga ega tebranishlardan himoyalanuvchi sistemalarning harakt tenglamalarini keltirib chiqaramiz.

Qattiq jismlarning koordinatalari x_1 va x_2 lar bilan aniqlanadi, bunda x_1 – himoyalanuvchi mexanik sistemaning qattiq jismining koordinatasi, x_2 – bu qattiq jismga nisbatan tebranishlarni dinamik so'ndirgich qattiq jismining koordinatasi. Dinamik so'ndirgichning elastik dempferlovchi elementindagi gisterezis tipidagi energiya tarqalishini ifodalovchi chiziqlimas funksiyani [] dagi ko'rinishida olamiz.

Tebranuvchan mexanik sistemaning har bir sikldagi energiya o'lchovi bo'lib elastik element (prujina) potensial energiyasining amplitudaviy qiymati xizmat

qilishi mumkin. Ma'lumki, haqiqiy mexanik sistemalarning barchasida turli xildagi energiya «yutuvchi» manbalar mavjud. Bu esa vaqt o'tishi bilan erkin tebranishlarning so'nishiga olib keladi, erkin tebranishlarni so'ndirmaslik uchun esa yo'qotilgan energining o'rnini doimiy ravishda to'ldirib borish kerak bo'ladi. Shu bilan birga bir sikl davomida yo'qotilgan energiyani kuchlanish-deformatsiya koordinalarida ifodalangan gisterezis tugunlari orqali ifodalash mumkin, bunda gisterezis tugunining yuzi tarqalayotgan energiyaning miqdorini bildiradi.

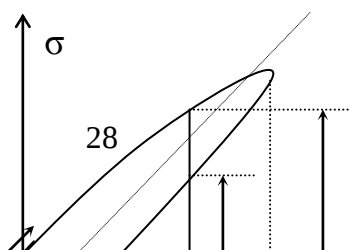
Energiya yo'qotilishini ifodalash uchun ξ deformatsiya bilan prujina materialining birlik hajmidagi ξ_a deformatsiya amplitudasiga nisbati orasidagi quyidagi chiziqlimas munosabatni qabul qilib olamiz:

$$\begin{aligned}\bar{\sigma} &= E \left[\xi + \alpha \left(\xi_a - n\xi - \frac{\xi^n}{\xi_a^{n-1}} \right) \right]; \\ \bar{\sigma} &= E \left[\xi - \alpha \left(\xi_a + n\xi - \frac{\xi^n}{\xi_a^{n-1}} \right) \right]\end{aligned}\tag{3.1.1}$$

bunda E – materialning elastiklik moduli; n va α – parametrlar.

(3.1.1) tengliklar bilan ifodalangan munosabatlar quyidagi tengliklarni qanoatlantirishini ko'rish qiyin emas:

$$\begin{aligned}\left(\frac{d\bar{\sigma}}{d\xi} \right)_{\xi=\xi_a} &= \left(\frac{d\bar{\sigma}}{d\xi} \right)_{\xi=-\xi_a}; \quad \left(\frac{d\bar{\sigma}}{d\xi} \right)_{\xi=-\xi_a} = \left(\frac{d\bar{\sigma}}{d\xi} \right)_{\xi=\xi_a}; \\ \left(\frac{d\bar{\sigma}}{d\xi} \right)_{\xi=-\xi_a} &= \left(\frac{d\bar{\sigma}}{d\xi} \right)_{\xi=\xi_a} = E.\end{aligned}$$



$-\xi_a$ ξ ξ_a

Gisterezis tuguni

α parametrni topish uchun (3.1.1) ifoda orqali ifodalangan gisterezis tugunining yuzini integrallash yordamida hisoblab topib olamiz:

$$\Delta u = \int_{-\xi_a}^{\xi_a} \vec{\sigma} d\xi - \int_{-\xi_a}^{\xi_a} \vec{\sigma} d\xi = \frac{4n}{n+1} \alpha E \xi_a^2 \quad (3.1.2)$$

Ikkinchi tomondan siklik deformatsiyalangan prujina birlik hajmidagi potensial energiyaning amplitudaviy qiymatini

$$u = \frac{E \xi_a^2}{2},$$

va δ tebranishlar dekrementi yoki $\psi = 2\delta$ nisbiy energiya yo'qotilishini

$$\Delta u = \psi u = 2\delta u = E \delta \xi_a^2 \quad (3.1.3)$$

formula yordamida hisoblash mumkin. (3.1.2) va (3.1.3) formulalarning o'ng tomonlarini tenglashtirib, α parametrga nisbatan yechsak,

$$\alpha = \frac{n+1}{4n} \delta$$

ni olamiz. α uchun topilgan ushbu qiymatini (3.1.1) formulaga qo'ysak, (3.1.4) formulani olamiz, bunda o'ng tomonga yo'naltirilgan strelka – gisterezis tuguni konturining yuqoriga chiqish shoxiga, chapga yo'naltirilgani esa, pastga ushish shoxiga tegishli. n parametr ixtiyoriy son bo'lib, talab etilayotgan hisoblashlarning aniqlik darajasiga va hajmiga qarab tanlab olinadi.

Eng sodda talablar uchun $n=2$ qiymatni olish juda qulay. Bu holda (3.1.1) munosabatlar G.S.Pisarenko taklif etgan quyidagicha munosabat orqali tasvirlanishi mumkin []:

$$\vec{\sigma} = E \left[\xi \pm \frac{3}{8} \delta(\xi_a) \left(\xi_a \mp 2\xi - \frac{\xi^2}{\xi_a} \right) \right]. \quad (3.1.5)$$

(3.1.5) formulalarni keltirib chiqarishda energiya tarqalishining tabiati e'tiborga olinmadi. Bu o'z navbatida turli turdagi energiya tarqalishlarining yig'indisi deb qarashga imkon yaratadi. Shu bilan birga tebranishlar dekrementi deformatsiya amplitudasidan chiziqlimas holda bog'langan bo'lsa, (3.1.5) munosabatlar ancha murakkablashadi. Bunda $\delta(\xi_a)$ ni eksperimental ravishda aniqlangan

$$\delta(\xi_a) = a\xi_a + b\xi_a^2 + c\xi_a^3$$

ifoda ko'rinishida tasvirlash mumkin, bunda a, b, c – haqiqiy energiya tarqalishi egri chizig'idan eksperimental ravishda aniqlanadigan parametrlar.

O'z ichiga tebranishlar dekrementini olgan (3.1.5) ko'rinishidagi munosabatlarning qo'llanilishi ikkita ketma-ket kelgan amplitudalar nisbatining natural logarifmi tushunchasidan kelib chiqqan:

$$\delta = \ln \frac{a_i}{a_{i+1}} \quad (3.1.7)$$

Amalda $\frac{a_i}{a_{i+1}}$ nisbat birdan juda kam farq qilganligi uchun (3.1.7) tenglikni

$$\delta = \frac{a_i}{a_{i+1}} - 1 = \frac{a_i - a_{i+1}}{a_{i+1}} = \frac{\Delta a}{a} \quad (3.1.8)$$

ko'rinishida tasvirlash mumkin. Bu ifodaga ikkita ketma-ket kelgan a_i , a_{i+1} chetlanishlardagi potensial energiyalarning amplitudaviy qiymatlaridan ham kelish mumkin:

$$u_i = \frac{1}{2}ca_i^2, \quad u_{i+1} = \frac{1}{2}ca_{i+1}^2 \quad (3.1.9)$$

bunda c – tebranayotgan sistema bikrligi. (3.1.9) ifodadan kelib chiqqan holda bir sikl davomida energiyaning kamayishini

$$\Delta u = \frac{c}{2}(a_i^2 - a_{i+1}^2) = \frac{c}{2}(a_i - a_{i+1})(a_i + a_{i+1}) \approx ca_i \Delta a_i \quad (3.1.10)$$

bunda

$$\Delta a_i = a_i - a_{i+1}.$$

U holda nisbiy energiya tarqalishi

$$\psi = 2\delta = \frac{\Delta u_i}{u_i} = \frac{ca_i \Delta a_i}{\frac{1}{2}ca_i^2} = \frac{2\Delta a_i}{a_i}, \quad (3.1.11)$$

bundan

$$\delta = \frac{\Delta a}{a_i},$$

oxirgi topilgan natija (3.1.8) bilan bir xil va uni bir sikl davomida tarqalgan energiyaning maksimal potensial energiyaning ikkilangan qiymatiga nisbati ko'rinishida talqin etish mumkin.

3.2. Gisterezis elastik dempferlovchi xarakteristikali tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalarning stasionar tebranishlari

3.2.1. Tebranishlardan himoyalانuvchi sistemalarning harakat differensial tenglamalari

[] ishlarda sferik qattiq jism ichiga joylangan sferik qattiq jism va siqilmas suyuqlikdan iborat mexanik sistemaning dinamikasi tekshirilgan. Bunday mexanik sistemalarning o'ziga xos jihati – unda suyuqlik bo'g'inining mavjudligidir. Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan mexanik sistemalarning harakat tenglamalari integro-differensial tenglamalar yoki xususiy hosilali tenglamalar bilan ifodalanadi.

Suyuq va qattiq jismlar sistemasidan tashkil topgan modellarning soddalashtirilgan tenglamalari chekli o'lchovli matematik modellashtirishlar qo'llangan holda hosil bo'ladi. Qattiq jismlar va suyuqlikning masalarini uzluksiz deb faraz qilish mumkin. «Sfera ichidagi sfera» tipidagi tebranishlarni dinamik so'ndirgichlarni qarab o'tamiz, bunday tipdagi dinamik so'ndirgichlar suyuqlik bilan to'ldirilgan qattiq sferik qobiqqa joylashtirilgan sferik qattiq jismdan iborat bo'lgan dinamik so'ndirgichlarni qarab o'tamiz (rasm 3.1). Bunday tipdagi dinamik so'ndirgichlar uchun dinamik so'ndirgichdagi qattiq jismning nisbiy tezligi va bu jismga suyuqlik tomonidan ta'sir qiladigan gidrodinamik kuch orasida quyidagi munosabat o'rinli []:

$$F(s) = -W(s)\dot{x}_2(s); \quad (3.2.1)$$

bu yerda $W(s)$ – uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$W(s) = 8\pi\rho r_2^4 \varepsilon^{-3} \cdot \psi(s); \quad (3.2.2)$$

$$\psi(s) = \frac{\chi^3 sh \chi}{24(1 - ch \chi) + 12\kappa sh \chi}; \quad \chi = \varepsilon^2 \nu^{-1} s,$$

bunda ε – ikkita konsentrik sferalar orasidagi masofa; ν va ρ – mos ravishda suyuqlikning kinematik qovushoqligi va zichligi; r_2 – ichki sferaning radiusi; $s = i\omega$; ω – tebranishlarning doiraviy chastotasi. Oxirgi munosabat $r_2/\varepsilon \geq 10$ holda o'rinli.

(3.2.2) uzatish funksiyasining ifodasidan past chastotali tebranishlar sodir bo'layotganda quyidagi munosabatlarni hosil qilish mumkin []

$$k_2 = \lim_{\omega \rightarrow 0} \operatorname{Re} W(i\omega) = 8\pi\rho\nu r_2^4 \varepsilon^{-3};$$

$$m_n = \lim_{\omega \rightarrow 0} \omega^{-1} \operatorname{Im} W(i\omega) = \frac{4}{5} \pi\rho r_2^4 \varepsilon^{-1},$$

bu yerda k_2 – dempferlash koeffitsiyenti; m_p – 2 jismga birikkan suyuqlik massasi.

O'lchovsiz chastota ω' ning yetarlicha katta qiymatlarida (deyarli $\omega' = \varepsilon^2 \nu^{-1} \omega \geq 100$ bo'lgan hollarda) (3.2.2) uzatish funksiyasini quyidagi ko'rinishda yozib olish mumkin []

$$W(i\omega) = k_2 \alpha(\omega) + i\omega m_n \beta(\omega);$$

bu yerda

$$\alpha(\omega) \approx \frac{1}{6} \frac{\left(\frac{\omega'}{2}\right)^{\frac{3}{2}}}{\frac{\omega'}{2} - 2\left(\frac{\omega'}{2}\right)^{\frac{1}{2}} + 2};$$

$$\beta(\omega) \approx \frac{5}{6} \frac{\left(\frac{\omega'}{2}\right)^{\frac{1}{2}} \left[\left(\frac{\omega'}{2}\right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]}{\frac{\omega'}{2} - 2\left(\frac{\omega'}{2}\right)^{\frac{1}{2}} + 2}.$$

Oxirgi ifodadan ko'rinish turibdiki, ushbu uzatish funksiyasi tebranishlar chastotasiga nisbatan yarim darajali kasr-rasional funksiya ko'rinishiga ega..

Qaralayotgan mexanik sistemaning harakatlari quyidagi matrisali tenglama bilan ifodalanadi:

$$A\ddot{X} + B\dot{X} + CX = F, \quad (3.2.3)$$

bu yerda

$$\ddot{X} = \begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{pmatrix}, \quad \dot{X} = \begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix};$$

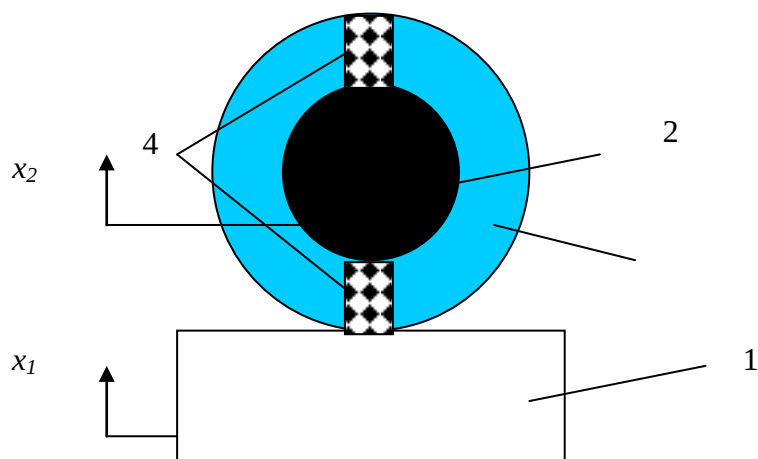
$$F = \begin{pmatrix} -W_0(m_1 + m_2 + m_3) \\ -W_0(m_2 - m_6) \end{pmatrix},$$

mos ravishda umumlashgan tezlanishlar, tezliklar, koordinatalar va ko'chirma
harakat inersiya kuchlarining vektor-ustunlari,

$$A = \begin{pmatrix} m_1 + m_2 + m_3 & m_2 - m_6 \\ m_2 - m_6 & m_2 + m_n \end{pmatrix};$$

$$B = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \end{pmatrix}; \quad C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2(1 - \nu_1 + i\nu_{2*}) \end{pmatrix},$$

bu yerda m_1, m_2, m_3 – mos ravishda asos, osma va tebranishlarni dinamik
so'ndirgichning massalari; m_v, m_p – mos ravishda 2 jism tomonidan siqib



Rasm 3.1. Gisterezis elastik dissipatik xarakteristikali va suyuqlik bo'g'iniga ega tebranishlardan himoyalانuvchi sistema. 0 – asos; 1 – himoyalانuvchi obyekt; 2 – 3 – 4 – suyuqlik bo'g'ini (3) ga ega bo'lgan tebranishlarni dinamik so'ndirgich.

chiqarilgan suyuqlik massasi va dinamik so'ndirgichdagi 2 jismga birikkan suyuqlik massasi; k_1, k_2 – mos ravishda dempfering va suyuqlikning qovushoqlik koeffitsiyentlari; c_1, c_2 – 2 yukka biriktirilgan elastik element va taglikka o'rnatilgan elastik elementlarning bikrlilik koeffitsiyentlari, W_0 – asos tezlanishi.

Tenglamalar sistemasining yechimini uzatish funksiyalari yordamida izlaymiz. (3.2.3) tenglamalar sistemasida $p = \frac{d}{dt}$ differensiallash operatorini

kiritib, differensial tenglamalar sistemasidan quyidagi chiziqli algebraik tenglamalar sistemasiga kelimiz

$$x_1[p^2(m_1 + m_2 + m_3) + pk_1 + c_1] + x_2p^2(m_2 - m_6) = -W_0(m_1 + m_2 + m_3); \quad (3.2.4)$$

$$x_1p^2(m_2 - m_6) + x_2[p^2(m_2 + m_n) + pk_2 + c_2(1 - \nu_1 + i\nu_2)] = -W_0(m_2 - m_6).$$

x_1 va x_2 o'zgaruvchilarga nisbatan (3.2.4) chiziqli tenglamalar sistemasini yechib, tebranishlarni dinamik so'ndirgich va himoyalanuvchi obyekt uchun uzatish funksiyalarini hosil qilamiz,

$$x_1(p) = \frac{W_0 C_1(x_2, p)}{M(x_2, p)}, \quad x_2(p) = \frac{W_0 C_2(p)}{M(x_2, p)}, \quad (3.2.5)$$

bu yerda

$$M(x_2, p) = a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1 + (b_2 p^2 + \alpha_1 p + 1)(-\nu_1 + i\nu_2);$$

$$C_1(x_2, p) = n_1^{-2} n_2^{-2} p^2 (1 + \mu_0 + \mu_1 - \mu_2) + n_1^{-2} (\alpha_2 p + 1 - \nu_1 + i \nu_2) (1 + \mu_0 + \mu_1);$$

$$C_2(p) = n_2^{-2} \mu_3 (\alpha_1 p + 1);$$

$$n_1^2 = \frac{c_1}{m_1}; \quad n_2^2 = \frac{c_2}{m_2 + m_n}; \quad \mu_0 = \frac{m_2}{m_1}; \quad \mu_1 = \frac{m_3}{m_1}; \quad \mu_2 = \frac{(m_2 - m_e)^2}{m_1(m_2 + m_n)};$$

$$\mu_3 = \frac{m_2 - m_e}{m_2 + m_n}; \quad \alpha_1 = \frac{k_1}{c_1}; \quad \alpha_2 = \frac{k_2}{c_2}; \quad a_1 = \alpha_1 + \alpha_2; \quad b_1 = \alpha_1;$$

$$a_2 = n_1^{-2} (1 + \mu_0 + \mu_1) + n_2^{-2} + \alpha_1 \alpha_2; \quad b_2 = n_1^{-2} (1 + \mu_0 + \mu_1);$$

$$a_3 = \alpha_1 n_2^{-2} + \alpha_1 n_1^{-2} (1 + \mu_0 + \mu_1); \quad a_4 = n_1^{-2} n_2^{-2} (1 + \mu_0 + \mu_1 - \mu_2).$$

(3.2.5) ifodada p o'zgaruvchidan $i\omega$ o'zgaruvchiga o'tib, soddalashtirishlardan keyin x_1 va x_2 o'zgaruvchilarning absolyut qiymatlarini, ya'ni hmoyalanuvchi obyekt va dinamik so'ndirgichning amplituda-chastota xarakteristikalarini hosil qilamiz

$$x_1 = \frac{W_0}{|M|} \sqrt{(a_4 \omega^2 - b_2 (1 - \nu_1))^2 + b_2^2 (\alpha_2 \omega + \nu_2)^2};$$

$$x_2 = \frac{W_0 |\mu_3|}{|M|} \sqrt{1 + \alpha_1^2 \omega^2}.$$

(3.2.6)

(3.2.6) ifodaning ikkinchi tenglamasidan qo'rinib turibdiki, $\mu_3=0$ bo'lgan holda, ya'ni qo'shilgan yukning nolinchii suzuvchanlik holatida dinamik so'ndirgich himoyalanuvchi obyektga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. Bu holda tebranishlardan himoyalaniş jarayoni kuzatilmaydi. $\alpha_2 \neq 0$ bo'lganligi uchun (3.2.6) ifodaning birinchi tenglamasidan mexanik sistema parametrlarining hech qanday qiymatlarida himoyalanuvchi obyektning tebranishlari to'lasincha so'ndirilmaydi. Bu holat hattoki, dinamik so'ndirgich ichki elastik elementlarida ichki noelastiklik mavjud bo'lmagan holda ham ro'y bermaydi.

3.2.2. Tebranishlardan himoyalanuvchi sistemaning stasionar tebranishlari ustivorligini tadqiq etish

Qaralayotgan mexanik sistema stasionar tebranishlarining ustivorligini tekshirishni sistema uzatish funksiyalarida vertikal urinmalarining mavjudligini tekshirish orqali amalga oshiramiz. Bu usulning mohiyati oldingi paragraflarda izohlab berilgan edi.

(3.2.6) tenglamalarda to'liq differensiallash amallarini amalga oshirib, shakl almashtirishlarni amalga oshirib, stasionar amplitudalardan ω bo'yicha hosilalarni hisoblab, funksiyalarning bir qiymatliligi haqida Lagranj teoremasiga asoslangan holda, qaralayotgan funksiyalarda vertikal urinmalar quyidagi shartlar bajarilganda vertikal urinmalar mavjud bo'lishini aniqlab olish qiyin emas

$$\lim_{\omega \rightarrow \omega_*} \frac{\partial x_1}{\partial \omega} = \infty;$$

$$\lim_{\omega \rightarrow \omega_*} \frac{\partial x_2}{\partial \omega} = \infty,$$

Oxirgi tenglardan (3.2.6) funksiya grafigiga o'tkazilgan urinmalar orasida vertikalari mavjud bo'lishlik shartlarini hosil qilamiz

$$\begin{aligned} \gamma_1^2 + \gamma_2^2 + (\beta_1\gamma_1 + \beta_2\gamma_2) \left(2\nu_1 + x_2 \frac{d\nu_1}{dx_2} \right) + (\beta_1\gamma_2 - \beta_2\gamma_1) \left(2\nu_2 + x_2 \frac{d\nu_2}{dx_2} \right) + \\ + (\beta_1^2 + \beta_2^2) \left(\nu_1 \frac{d(\nu_1 x_2)}{dx_2} + \nu_2 \frac{d(\nu_2 x_2)}{dx_2} \right) = 0, \end{aligned} \quad (3.2.7)$$

bu yerda

$$\gamma_1 = a_4 \omega^4 - a_2 \omega^2 + 1; \quad \gamma_2 = a_3 \omega^3 - a_1 \omega;$$

$$\beta_1 = b_2 \omega^2 - 1; \quad \beta_2 = b_1 \omega.$$

Bu tengliklar bajarilganda sistema amplituda-chastota xarakteristikalari grafiklarida vertikal urinmalar paydo bo'ladi. Vertikal urinmalarning mavjudligi amplituda-chastota xarakteristikasi grafigida ma'lum bir chastotalarga bir emas ikki yoki uchta amplituda qiymatlari mos kelishi mumkinligidan dalolat beradi. Bu holda sistema tebranishlari amplitudalari orasida haqiqatda ro'y bermaydigan tebranishlar amplitudalari ham mavjudligidan darak beradi. Bu holda sistema chastotalarini sekinlik bilan o'zgartirib borib, vertikal urinmalar mavjud bo'lgan chastotaga kelganda tebranishlar amplitudasi keskin ravishda o'zgarib ketadi, ya'ni amplituda funksiyasi «sakrash» tipidagi maxsuslikka ega bo'ladi.

(3.2.7) ifodani $\beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$, o'zgaruvchilarga nisbatan kvadratik forma deb olib, ushbu kvadratik formaning koeffitsiyentlaridan tashkil topgan quyidagi matrisani tuzamiz:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & \frac{2\nu_1 + x_2}{2} \frac{d\nu_1}{dx_2} & -\frac{2\nu_2 + x_2}{2} \frac{d\nu_2}{dx_2} \\ 0 & 1 & \frac{2\nu_2 + x_2}{2} \frac{d\nu_2}{dx_2} & \frac{2\nu_1 + x_2}{2} \frac{d\nu_1}{dx_2} \\ \frac{2\nu_1 + x_2}{2} \frac{d\nu_1}{dx_2} & \frac{2\nu_2 + x_2}{2} \frac{d\nu_2}{dx_2} & \nu_1 \frac{d(\nu_1 x_2)}{dx_2} + \nu_2 \frac{d(\nu_2 x_2)}{dx_2} & 0 \\ -\frac{2\nu_2 + x_2}{2} \frac{d\nu_2}{dx_2} & \frac{2\nu_1 + x_2}{2} \frac{d\nu_1}{dx_2} & 0 & \nu_1 \frac{d(\nu_1 x_2)}{dx_2} + \nu_2 \frac{d(\nu_2 x_2)}{dx_2} \end{vmatrix}$$

Ushbu matrisaning uchinchi tartibli bosh diagonal minori ba'zi shartlar bajarilganda manfiy ishorali bo'lishi mumkinligini tekshirib ko'rish qiyin emas. Bu qaralayotgan sistema tebranishlari orasida noustivor tebranishlari mavjud bo'lishi mumkinligini anglatadi.

3.3. Sonli hisoblar

Magistrlik dissertasiyasining ushbu pargrafida (3.2.6) tenglamalar bilan aniqlanuvchi sistemaning amplituda-chastota xarakteristiklarining sistema parametrlarining ba'zi qiymatlari uchun qurish va sistemaning ba'zi xususiy

hollardagi stasionar tebranishlarining (3.2.7) ustivorlik oraliqlarining grafiklari, ustivorlik oraliqlarini tasvirini olish, olingan grafiklar asosida ba'zi xulosalarni qilishdan iborat.

3.2 rasmda qaralayotgan mexanik sistema amplituda-chastota xarakteristikasi va rezonans egri chizig'ining sistema parametrlarining quyidagi qiymatlari uchun $m_1=1\text{kg}$; $m_2=0,15\text{kg}$; $m_3=0,004\text{kg}$; $m_v=0,07\text{kg}$;
 $k_1=0,01\text{Ns/m}$; $\xi=1\text{sm}$; $\rho=1000\text{ kg/m}^3$; $\nu=10^{-4}\text{ m}^2/\text{s}$; $r_2=0,02\text{ m}$;
 $\varepsilon=0,002\text{ m}$; tog'da $k_2=8\pi\rho\nu r_2^4\varepsilon^{-3}=0,1\text{Hc}/\text{M}$; $m_n=\frac{4}{5}\pi\rho r_2^4\varepsilon^{-1}=0,2\text{kg}$,
 $c_2=1000\text{N/m}$; $c_1=1000\text{N/m}$; qurilgan grafiklari tasvirlangan. KDU-2 polimer materialining parametrik qiymatlari quyidagicha olingan

$$\mu_1 = 164,4053, \quad \mu_2 = -12354,58, \quad \mu_3 = 320537,86,$$

$$(E=2,02\cdot 10^8\text{ N/m}^2; \text{ xona temperaturasida})$$

Qaralayotgan mexanik sistema uchun hosil qilingan amplituda-chastota xarakteristikasining grafiklaridan skelet chizig'ining egilishi yaqqol ko'zga tashlanib turibdi, bu tipdagi egilishlar nomukammal elastik xarakteristikali mexanik sistemalarning o'ziga xos xususiyatidan iboratdir. Tebranishlar chastotasi ω uchun shunday qiymatlar mavjudki, bu qiymatlarda tebranishlarning uchta qiymati mos keladi. Bu uchta qiymatning ikkita chetki qiymatlari haqiqatda ro'y berishi mumkin bo'lgan qiymatlardir, o'rtadagisi esa ro'y bermaydi, ya'ni o'rtadagi amplituda noustivor amplituda hisoblanadi.

Bizni qiziqtiradigan yana bir jihat – qaralayotgan mexanik sistema parametrlarining o'zgarishi bilan amplituda-chastota xarakteristikasi qanday o'zgarishidir. 3.3 rasmda amplituda-chastota xarakteristikasining massalar nisbati parametrining $\mu_0 = 0,01$; $0,08$; $0,2$ qiymatlari uchun grafiklari tasvirlangan. Olingan grafiklardan ko'rinib turibdiki, massalar nisbatining ortishi sistemaning eng katta amplitudaviy chastotalarini bir-biriga yaqinlashtiradi. Mexanik sistema

noustivor chastotalarining qiymatlari ham bir-biriga yaqinlashib, antirezonans chastotasiga yaqinlashadi.

Oldingi paragrafda suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalanuvchi sistemning optimal rostlanish masalasi qaralgan. Uning natijasi sifatida mexanik sistema parametrlari orasida quyidagi munosabat o'rinli bo'lgan holda:

$$n_2 = \frac{\sqrt{1 + \mu_0 + \mu_1 - \mu_2}}{1 + \mu_0 + \mu_1} n_1. \quad (3.3.8)$$

suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalanuvchi sistema rostlangan bo'ladi.

3.4-rasmda tebranishlardan himoyalanuvchi sistema to'g'ri rostlangan hol uchun ustivorlik oraliqlari grafigi tasvirlangan.

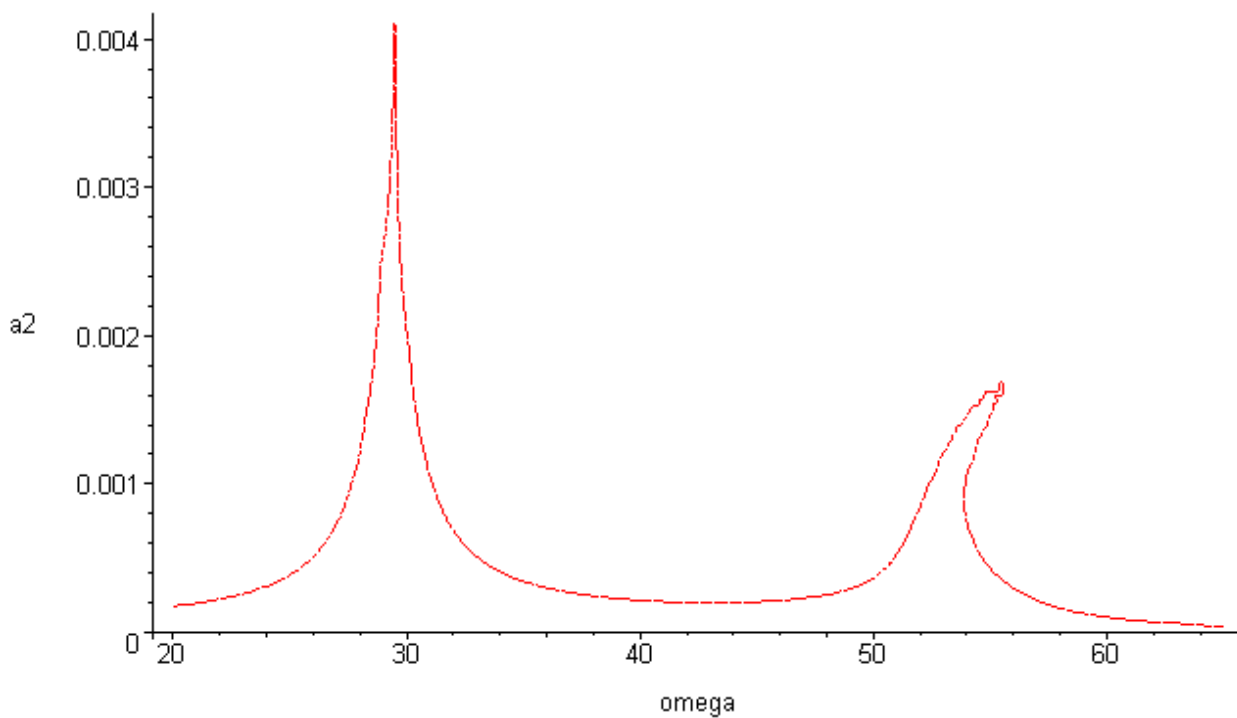
Bunda rezonans egri chiziqlarining ikchi sohasi qaralayotgan mexanik sistema stasionar tebranishlarining noustivorlik sohasiga mos keladi. Tashqi soha esa ustivorlik sohasi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, noustivorlik sohasi amplitudaning biror nolmas qiymatidan boshlanib, tebranishlar amplitudasi ortishi bilan kengayib boradi.

Elastik dempferlovchi elementda energiya tarqalishining amplitudadan sodda bog'lanishlari uchun ν_1 va ν_2 koefitsiyentlarni taqriban tebranishlar amplitusiga bog'liq bo'lgan ko'phad ko'rinishida tasvirlash mumkin. Faraz qilamiz, ν_1 va ν_2 chiziqlashtirish koefitsiyentlari amplitudalarning funksiyasi sifatida quyidagicha tasvirlansin

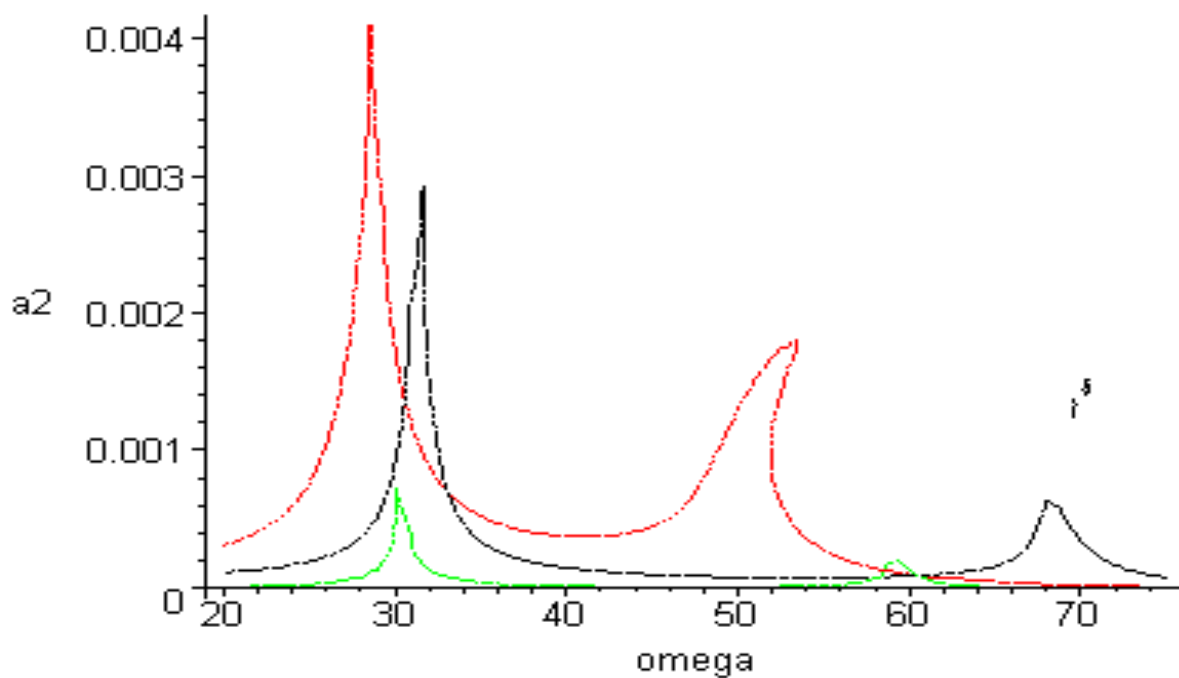
$$\nu_1 = \sigma_1 x_2^n; \quad \nu_2 = \sigma_2 x_2^n. \quad (3.3.9)$$

Ushbu ko'rinishdagi bog'lanishlar uchun 3.5 rasmda σ_1/σ_2 parametrغا bog'liq ravishda qaralayotgan mexanik sistema stasionar tebranishlari ustivorligi oraliqlarining o'zgarishi tasvirlangan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, bu parametrning ortishi bilan sistema noustivorlik oraliqlari kengayib boradi. Ushbu rasmdan shuni

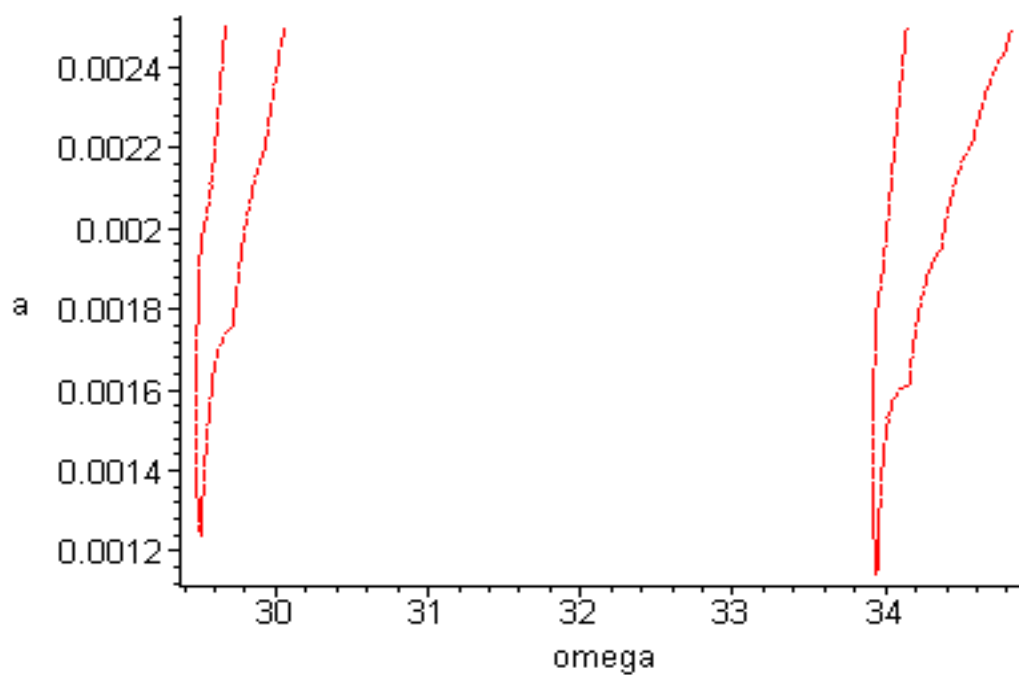
xulosa qilish mumkinki, qaralayotgan mexanik sistema ustivorligi ko'p jihatdan ν_1 va ν_2 parametrlarining ta'siriga bog'liq ekan. Bu ikki parametrning sistema tebranishlariga ta'siri kuchliroq bo'lishiga qarab, tebranishlar ustivorligi o'zgarib oradi.



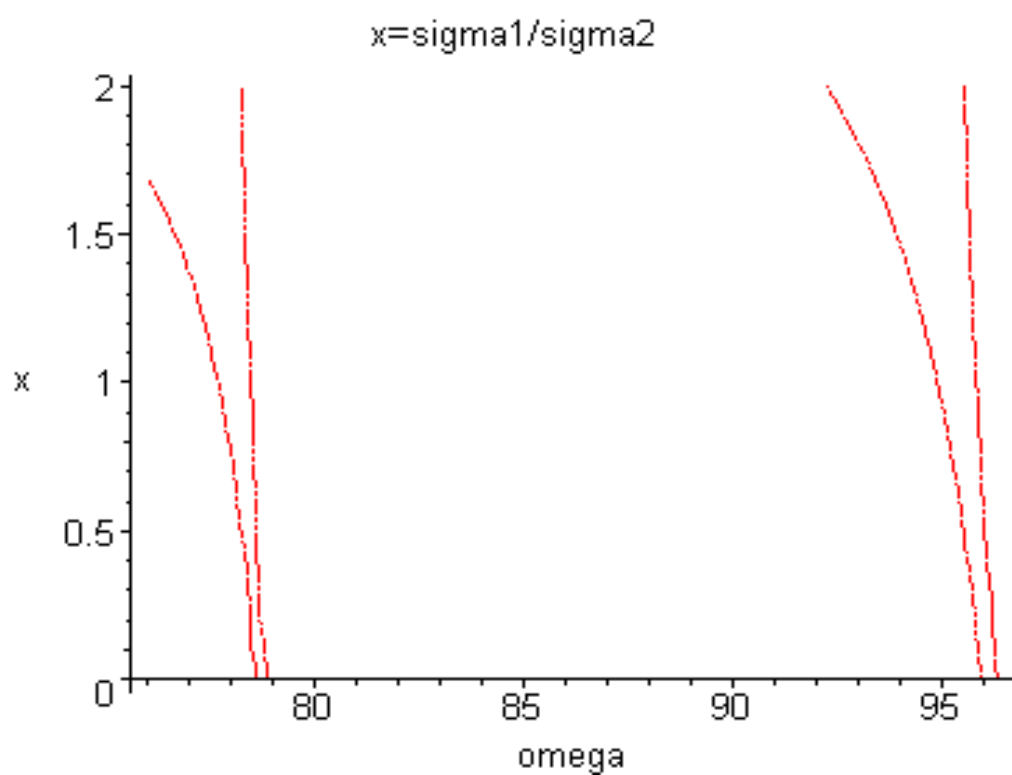
Rasm. 3.2. Suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan gisterezis elastik dissipativ xarakteristikali tebranishlardan himoyalannuvchi sistemalarning amplituda-chastota xarakteristikasi



Rasm. 3.3. Massalar nisbatining $\mu_0 = 0,01; \quad 0,08; \quad 0,2$ qiymatlari uchun tebranishlardan himoyalانuvchi sistemaning amplituda-chastota xarakteristikasi .



Rasm. 3.4. Tebranishlardan himoyalانuvchi sistemaning ustivorlik oraliqlari.



Rasm. 3.5. Sistema ustivorligi oralig'ining σ_1/σ_2 parametrdan bog'liq ravishda o'zgarishi.

3-BOB BO'YICHA XULOSALAR

1. Gisterezis elastik xarakteristikali suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan mexanik sistema uchun $\mu_3=0$ shart bajarilganda dinamik so'ndirgich himoyalanuvchi sistemaga ta'sir o'tkazmasligi aniqlangan, sistema harakatlari chiziqli qonun bilan sodir etiladi, bu holatda sistema tebranishlari doimo ustivor bo'ladi;
2. Tebranishlardan himoyalanuvchi sistemaning tebranishlarini sistema parametrlarining va tashqi uyg'otuvchi kuch chastotalarning hyech bir qiymatida to'lasincha so'ndirib bo'lmasligi ko'rsatilgan, bu xulosani hattoki qaralayotgan mexanik sistemada chiziqlimas xarakteristikalar mavjud bo'lmagan holda ham o'rinli bo'lishi ko'rsatilgan;
3. Sistema amplituda-chastota xarakteristikasining grafigiga o'tkazilgan urinmalarning vertikal bo'lishlik sharti topilgan. Ushbu vertikal urinmalarning mavjudligi sistema tebranishlari orasida noustivor amplitudalilari paydo bo'lishi mumkinligidan dalolat beradi.
4. Qaralayotgan tebranishlardan himoyalanuvchi sistemaning σ_1/σ_2 parametrga bog'liq ravishda mexanik sistema stasionar tebranishlari ustivorligi oraliqlarining o'zgarishi tasvirlangan. Bu parametrning ortishi bilan sistema noustivorlik oraliqlari kengayib borshi ko'rsatilgan. Bundan shunday xulosa qilish mumkinki, sistema ustivorligini aniqlovchi faktorlardan biri nisbatning suratidagi ifoda bo'ladi;
5. Qaralayotgan mexanik sistema ustivorligi ko'p jihatdan ν_1 va ν_2 parametrlarining ta'siriga bog'liq ekanligi ko'rsatilgan. Tebranishlardan himoyalanuvchi sistema to'g'ri rostlangan hol uchun ustivorlik oraliqlari grafigi tasvirlangan. Bunda rezonans egri chiziqlarining ichki sohasi qaralayotgan mexanik sistema stasionar tebranishlarining noustivolik sohasiga mos keladi. Tashqi soha esa ustivorlik sohasi. Noustivorlik

sohasi amplitudaning biror nolmas qiymatidan boshlanib, tebranishlar amplitudasi ortishi bilan kengayib boradi.

XVJIOCA

- suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan tebranishlardan himoyalanuvchi sistemalarning parametrlarini shunday tanlab olish mumkin ekanki, sistema amplituda-chastota xarakteristikasining maksimal amplitudalari teng bo'ladi;
- sistemaning optimal rostlanishi uchun (2.1') o'lchovsiz kattaliklarga o'tish bajarilayotgan hisoblashlarni kamaytiradi;
- qaralayotgan tebranishlardan himoyalanuvchi sistema uchun parametrlarning turli qiymatlari uchun amplituda-chastota xarakteristikasining ikkita invariant nuqtalari mavjud;
- tebranishlardan himoyalanuvchi sistema parametrlari uchun (2.7) munosabat himoyalanuvchi sistema optimal rostlanishining zaruriy sharti hisoblanadi.
- Gisterezis elastik xarakteristikali suyuqlik bo'g'iniga ega bo'lgan mexanik sistema uchun $\mu_3=0$ shart bajarilganda dinamik so'ndirgich himoyalanuvchi sistemaga ta'sir o'tkazmasligi aniqlangan, sistema harakatlari chiziqli qonun bilan sodir etiladi, bu holatda sistema tebranishlari doimo ustivor bo'ladi;
- Tebranishlardan himoyalanuvchi sistemaning tebranishlarini sistema parametrlarining va tashqi uyg'otuvchi kuch chastotalarning hyech bir qiymatida to'lasincha so'ndirib bo'lmasligi ko'rsatilgan, bu xulosani hattoki qaralayotgan mexanik sistemada chiziqlimas xarakteristikalar mavjud bo'lmagan holda ham o'rinli bo'lishi ko'rsatilgan;
- Sistema amplituda-chastota xarakteristikasining grafigiga o'tkazilgan urinmalarning vertikal bo'lishlik sharti topilgan. Ushbu vertikal urinmalarning mavjudligi sistema tebranishlari orasida noustivor amplitudalilari paydo bo'lishi mumkinligidan dalolat beradi.

- Qaralayotgan tebranishlardan himoyalanuvchi sistemaning σ_1/σ_2 parametriga bog'liq ravishda mexanik sistema stasionar tebranishlari ustivorligi oraliqlarining o'zgarishi tasvirlangan. Bu parametrning ortishi bilan sistema noustivorlik oraliqlari kengayib borishi ko'rsatilgan. Bundan shunday xulosa qilish mumkinki, sistema ustivorligini aniqlovchi faktorlardan biri nisbatning suratidagi ifoda bo'ladi;
- Qaralayotgan mexanik sistema ustivorligi ko'p jihatdan ν_1 va ν_2 parametrlarining ta'siriga bog'liq ekanligi ko'rsatilgan.
- Tebranishlardan himoyalanuvchi sistema to'g'ri rostlangan hol uchun ustivorlik oraliqlari grafigi tasvirlangan. Bunda rezonans egri chiziqlarining ichki sohasi qaralayotgan mexanik sistema stasionar tebranishlarining noustivolik sohasiga mos keladi. Tashqi soha esa ustivorlik sohasi. Noustivorlik sohasi amplitudaning biror nolmas qiymatidan boshlanib, tebranishlar amplitudasi ortishi bilan kengayib boradi.

1. Атажанов Б., Красинская Э.М. К устойчивости стационарных движений неавтономных систем // Изв. АН УзССР, сер. техн. наук, 1985, №1. – с. – 41 – 46.
2. Бауэр Г.Ф. Установившиеся гармонические и комбинационные колебания нелинейного динамического поглотителя колебаний.// ТР. Амер. О-ва инж.-механиков. Прикладная механика. – 1966. – т.33, №1.
3. Брискин Е.С. Демпфирование колебаний механических систем динамическими гасителями с полостями, частично заполненными сыпучими средами// Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1980. - №2. с. 26-30.
4. Бужинский В.А. О колебаниях тонкостенной конструкции с жидкостью при наличии гидродинамического гасителя// ПММ. – 1979. – т. 43, выпуск 6. – с. 1095-1101.
5. Буранов Х.М., Ҳасанов Б., Отакулов А. Тебранишлардан ҳимояланувчи системалар параметрларини оптималлаштириш ҳақида//
6. Буранов Х.М. Исследование устойчивости виброзащитных систем с упруго-диссипативными характеристиками гистерезисного типа // Проблемы механики, 2004, № 5-6, с. 3-7.
7. Дусматов О.М., Буранов Х.М. Исследование устойчивости виброзащитных систем по графику амплитуды колебаний // Узбекский математический журнал, 2006, №3, с. 36-39.
8. Дусматов О.М., Буранов Х.М. Моделирование динамики и анализ устойчивости комбинированных систем виброзащиты // Доклады и тезисы международной научной конференции «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии в науке, технике и образовании» // г. Ташкент, 2004, с. 194-197.
9. Дусматов О.М., Буранов Х.М. Об устойчивости виброзащитных систем с упругими и жидкостными звеньями// Проблемы архитектуры и строительства, 2004, №2, с. 21-24.

- 10.Дусматов О.М., Буранов Х.М. Определение области устойчивости виброзащитных систем с жидкостными элементами при различных значениях параметров// Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию академика Т.Ш. Ширинкулова. // г. Самарканд, 2007, книга-5, с. 27-29.
- 11.Дусматов О.М., Буранов Х.М. Устойчивость нелинейных систем виброзащиты с учетом диссипации энергии// Материалы международной научной конференции «Дифференциальные уравнения с частными производными и родственные проблемы анализа и информатики», Ташкент, 2004, т 1. с. 37-38.
- 12.Дусматов О.М., Буранов Х.М., Абсаломов Т. Исследование устойчивости виброзащитных систем по графику амплитудно-частотной характеристики// Материалы Международной научно-технической конференции «Современные проблемы и перспективы механики» // г. Ташкент, 2006, с. 30-32.
- 13.Елисеев С.В., Нерубенко Г.П. Динамические гасители колебаний. – Новосибирск: Наука, 1982. – 144 с.
- 14.Карапетян А.В. Устойчивость стационарных движений. – М.: Эдиториал. УРСС, 1998.-168 с.
- 15.Коренев Б.Г., Резников Л.М. Динамические гасители колебаний: Теория и технические приложения. – М.: Наука, 1988. – 304 с.
- 16.Ларин В.Б. Некоторые задачи оптимизации систем виброзащиты// Прикладная механика. – 2001. – т. 37, № 4, - с. 39-59.
- 17.Нелинейные задачи динамики виброзащитных систем./ Павловский М.А., Рыжков Л.М., Яковенко В.Б., Дусматов О.М. – К.:Техника, 1997. – 204 с.
- 18.Павловский М.А., Радыш Ю.В., Дусматов О.М. Математическое моделирование динамического гасителя колебаний с жидкостными звеньями// Прикладная механика. – 1988. – 24. - №2. – с. 101-107.

- 19.Павловский М.А., Рыжков Л.М. Об эквивалентной линеаризации при решении задач колебаний механических систем гистерезисного типа.// Пробл. прочности. №4. 1987. – с. 105-109.
- 20.Павловский М.А., Рыжков Л.М., Дусматов О.М. О выборе параметров динамических гасителей колебаний с гистерезисным рассеянием энергии//Проблемы прочности.-1987.-№10.-с. 103-106.
- 21.Радыш Ю.В. Исследование гидродинамического момента, действующего на твердое тело в поплавковом подвесе// Механика гироскопических систем. Выпуск 1, 1982. – с. 85-92.
- 22.Радыш Ю.В., Дусматов О.М. Оптимизация параметров динамического гасителя колебаний с жидкостным звеном/ 1987.-15с. - Рус. Деп. в УкрНИИНТИ. 16.12.87, №3162 Ук87.
- 23.Радыш Ю.В., Павловский М.А. Об устойчивости твердого тела в поплавковом подвесе.// Механика гироскопических систем, вып. 6, 1987. – с. 99-105.
- 24.Тешаев М.Х., Эсанов Н.К. Об оптимальных параметрах гасителей для виброзащитных систем. // Материалы международной научно-технической конференции посвященной 70 – летию академика Т.Ш.Ширинкулова, Самарканд, 2007, книга 5, с. 87-88.
- 25.Тураев Х.Т. Харакатнинг тургунлик назарияси. Укув кулланма. Тошкент: - Алокачи нашриёти, 2006. 388 б.
- 26.Хромов С.А., Рихсиев К.К. Динамическая модель гидравлического гасителя колебаний с вращением рабочего цилиндра. // Мат. межд. науч. конф. «Современные проблемы и перспективы механики» // г.Ташкент, 2006, с.690-692.