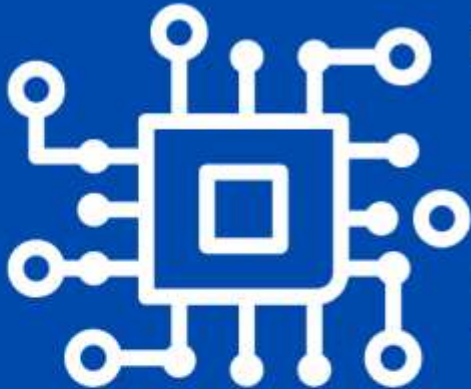




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 8 (3) 2025

TECHSCIENCE.UZ

№ 8 (3)-2025

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2025

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov MUxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB**

MASALALARI elektron jurnali
15.09.2023-yilda 130343-sonli
guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huqular himoyalangan.

© Sciencesproblems team, 2025-yil

© Mualliflar jamoasi, 2025-yil

MUNDARIJA

Xo'jayev Otabek, Ro'zmetova Zilola

IOT SENSORLARIDAN OLINGAN MA'LUMOTLAR ARXITEKTURASI VA ISHLOV BERISH
USULLARI VA ALGORITMLARI 4-8

Abilova Rayhon

5G TARMOQLARINI LOYIHALASH VA MODELLASHTIRISH: ARXITEKTURALAR, ASOSIY ISHLASH
KO'RSATKICHLARI 9-13

Abrarov Rinat

COMPARATIVE STUDY OF FEATURE-LEVEL AND DECISION-LEVEL FUSION STRATEGIES IN
NEURAL NETWORK MODELS FOR MULTIMODAL PSYCHODIAGNOSTICS 14-27

Nazirova Elmira, Boymurodov Farrux

O'ZBEK TILIDAGI DARAK GAPLARNI PUNKTUATSION XATOLARNI ANIQLASH VA
TAHRIRLASH LINGVO - MATEMATIK MODELLARI 28-36

Matchonov Shohrux, Asatov Timur

BI-TIZIMNING CHUQUR O'QITISH ASOSIGA QURILGAN
UMUMLASHGAN ARXITEKTURASI 37-45

Ismoilov Muxriddin, Rahimov Anvarjon, Ruzikulova Dono

pH QIYMATINI O'LCHASHDAGI POTENSIOMETRIK USUL VA UNING QO'LLANILISH SOHASINI
TADQIQ ETISH 46-51

Mahmudov G'iyosjon, Xudoyberdiyeva Nilufarbonu

SUYUQLIKLI ION SELEKTIV ELEKTRODLARINING SELEKTIVLIGINI MATEMATIK
MODELLASHTIRISH 52-58

Narkulov Akram

O'ZGARUVCHAN HALQAVIY PLASTINKANING TASHQI MAGNIT MAYDONI TA'SIRIDA
DEFORMATSIYALANISHI TADQIQ QILISHNING DASTURIY VOSITASI 59-66

Норчаев Жалолiddин

ПРОБЛЕМЫ ВЫКОПКИ ЛУКА И ИХ РЕШЕНИЕ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА 67-70

To'rayev Rasul, Haydarova Roziya, Numanjanov Abduraxmon

YIRIK MAGISTRAL KANALLAR VA MAVSUMIY ROSLANUVCHI SUV OMBORLARIDAGI SUV
RESURLARINI OPTIMAL BOSHQARISH USULLARI 71-75

Mirzaev Abdikhannon

STUDYING AND ELIMINATING THE SHORTCOMINGS OF THE TORMOZING SYSTEM OF A
MODERN LIGHT CAR 76-81

Axmedov Barhayot

BETON KONSTRUKSIYALARDA KOMPOZIT POLIMER ARMATURADAN FOYDALANISHNING
O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARI 82-89

O'ZGARUVCHAN HALQAVIY PLASTINKANING TASHQI MAGNIT MAYDONI TA'SIRIDA DEFORMATSIYALANISHI TADQIQ QILISHNING DASTURIY VOSITASI

Narkulov Akram Sidikovich

Texnika fanlari falsafa doktori,
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Samarqand filiali dotsenti
Email: asnorqulov@gmail.com
Tel: +998933361484

Annotatsiya. Ushbu maqolada o'zgaruvchan xalqaviy plastinkaning tashqi magnit maydoni ta'sirida deformatsiyalanish jarayonlari chuqur o'rganiladi. Avvalo, plastinka materialining mexanik xususiyatlari, uning elastiklik chegaralari va tashqi magnit maydon bilan o'zaro ta'sir mexanizmlari nazariy jihatdan tahlil qilinadi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, tashqi magnit maydon intensivligi ortgan sari plastinkada deformatsiya darajasi ham sezilarli ravishda ortadi. Bu esa mexanik va elektromagnit jarayonlar o'zaro chambarchas bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, dasturiy vositalar yordamida real tajribalarni qisqartirish, vaqt va resurslarni tejash hamda texnologik jarayonlarda optimal konstruksiyalarni ishlab chiqish imkoniyati yuzaga keladi.

Kalit so'zlar: O'zgaruvchan halqaviy plastinka, tashqi magnit maydoni, deformatsiyalanganlik holati, magnit-mexanik ta'sir, elektromagnit yuklama, dasturiy vosita qo'llanilishi, materialning elastik xususiyatlari.

SOFTWARE TOOL FOR STUDYING THE DEFORMATION OF A VARIABLE ANNULAR PLATE UNDER THE INFLUENCE OF AN EXTERNAL MAGNETIC FIELD

Narkulov Akram Sidikovich

doctor of philosophy in technical sciences,
associate professor, Samarkand branch of
Tashkent university of information technologies

Annotation. In this article, the deformation processes of a variable ring plate under the influence of an external magnetic field are thoroughly investigated. First, the mechanical properties of the plate material, its elasticity limits, and the interaction mechanisms with the external magnetic field are analyzed theoretically. The obtained results show that as the intensity of the external magnetic field increases, the level of deformation in the plate also increases significantly. This indicates a strong interrelation between mechanical and electromagnetic processes. The practical significance of the study lies in the fact that, with the help of software tools, real experiments can be minimized, saving time and resources while enabling the development of optimal structures in technological applications.

Keywords: Variable ring plate, external magnetic field, deformation state, magneto-mechanical interaction, electromagnetic loading, software application, elastic properties of material.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v3i8y2025No8>

Kirish. So'nggi yillarda elektromagnit maydonlarning qattiq jismlar mexanik xususiyatlariga ta'sirini o'rganish ilm-fan va texnologiya rivojida dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda. Elektromagnit kuchlarning konstruktiv elementlarga ta'siri, ularning barqarorligi va mustahkamligi turli sohalarda - aviatsiya, kosmik texnika, elektrotexnika, nanoelektronika hamda mexatronika tizimlarida keng qo'llanilishi bilan izohlanadi. Shu sababli, tashqi magnit maydoni ta'sirida deformatsiyalanadigan konstruksiyalarni modellashtirish va tahlil qilish masalasi zamonaviy muhandislikda katta ahamiyatga ega.

Xususan, o'zgaruvchan xalqaviy plastinkalar maxsus geometriyaga ega bo'lib, ularning mexanik xususiyatlari oddiy to'g'ri burchakli yoki dumaloq plastinkalarnikidan farq qiladi. Bunday konstruksiyalar ko'pincha elastiklik, titrashga bardoshlilik, elektromagnit sezgirlik kabi xususiyatlari bilan ajralib turadi. Plastinkaning tashqi magnit maydoni ta'sirida deformatsiyalanishini o'rganish, bir tomondan, nazariy mexanika va materiallar qarshiligi fanlariga hissa qo'shsa, ikkinchi tomondan, amaliy qurilmalar samaradorligini oshirishda muhim hisoblanadi. Shuningdek, zamonaviy hisoblash texnologiyalarining tezkor rivojlanishi bu kabi murakkab fizik jarayonlarni aniq va ishonchli modellashtirish imkonini yaratmoqda. Xususan, COMSOL Multiphysics, ANSYS Workbench kabi dasturiy paketlarda magnit-mexanik bog'lanish (magneto-structural coupling) modellaridan foydalanish orqali plastinkalarda yuzaga keladigan deformatsiyalarni grafik ko'rinishda tahlil qilish mumkin. Bu esa eksperimental tajribalar sonini kamaytirib, vaqt va moddiy resurslarni tejash imkonini beradi [1; 82–90-6.].

Mazkur maqolada o'zgaruvchan xalqaviy plastinkaning tashqi magnit maydoni ta'sirida deformatsiyalanish jarayoni nazariy asoslar, matematik model va dasturiy simulyatsiyalar yordamida o'rganiladi hamda natijalar tahlil qilinadi.

Adabiyotlar tahlili va metodologiya. Magnit maydon ta'siridagi elastik materiallarning mexanik javobi - magneto-elastiklik - so'nggi o'n yilliklarda nafaqat nazariy, balki eksperimental va amaliy jihatdan ham faol o'rganildi. Yupqa qatlamli magnetoelastik materiallar bo'yicha keng ko'lamli sharhlar mavjud bo'lib, ular sohadagi asosiy printsiplar, kuzatuv usullari va qurilmalar (sensorlar, aktuatorlar)ni yoritadi.

Halqaviy plastinkalar uchun ilgari an'anaviy elastik nazariyalar asosida analitik yechimlar ishlab chiqilgan; bu usullar magnit ta'sirni (to'g'ridan-to'g'ri magnit kuchlar yoki elektromagnit yuklama orqali) tenglamalarga qo'shish yo'li bilan kengaytirildi. Tadqiqotlarda o'qiladigan asosiy yo'nalish - differensial-tenglamalar asosida (klasik plastinka nazariyasi yoki yuqori tartibli qatlamli nazariya) analitik yoki yarim-analitik yechimlar topishdir. Bu yo'nalish FGM (functionally graded material) va anisotrop qatlamlar uchun ham keng qo'llanilmoqda.

So'ngi yillarda, deformatsiyalanuvchi elektromagnitoelastik muhit mexanikasi doirasida elektr o'tkazuvchi elementlar qo'shma maydoni taxlili matematik usullari intensiv rivojlanmoqda.

Maydonlarning bog'liqligi tenglamalarda ishtirok etuvchi va mexanik, elektromagnit parametrlarni o'zlarida saqlovchi Lorens kuchi va Maksvell kuchlanishi tenzorlari bilan izoxlanadi.

Zamonaviy texnikaning rivojlanishi har xil jism va maydonlarning o'zaro ta'siri nazariy va amaliy muammolari bilan uzviy bog'langan.

O'zaro ta'sir muommolari magnitoelastiklik masalalarida, hamda magnit maydonida elastik deformatsiyalanuvchi elektro'kazuvchan jism harakati masalalarida asos bo'lib xizmat qiladi [2; 66–73-6.].

Magnitoelastiklik ilgaridan olimlarning e'tiborini qaratib kelgan. O'z zamonasida Faradey va uning shogirdlari elektromagnit maydonida harakatlanuvchi o'tkazgichning elektromagnit kuchlar ta'siridagi deformatsiyalanishi masalalarini o'rganganlar. Bu o'tkazgichlar elektromagnit kuchlar ta'sirida deformatsiyalanadi va o'z navbatida boshlang'ich elektromagnit maydoni xarakteristikalarini o'zgartiradi.

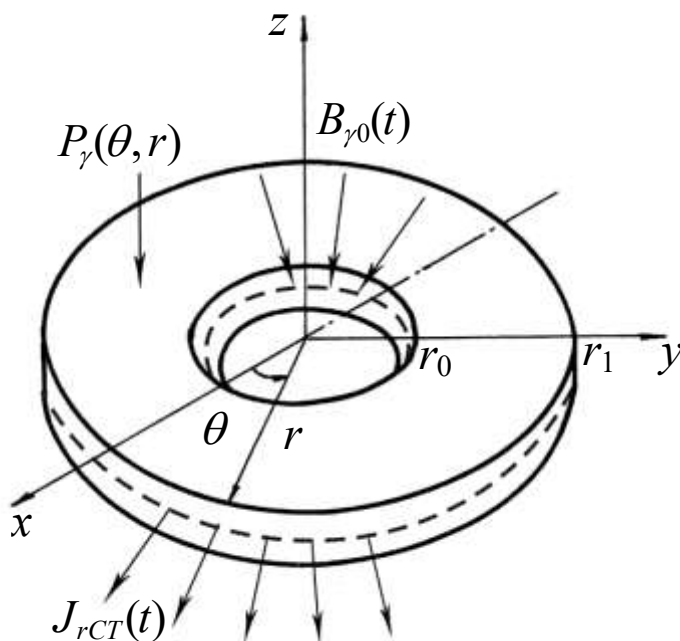
Magnitoelastiklik sohasidagi samarali o'zgarishlar oxirgi o'n yilliklarga to'g'ri keladi. Bunga zamonaviy texnikaning ba'zi sohalaridagi bir qator muhim masalalarning echilishi sabab bo'ldi. Xususiyl holda, bunday masalalar o'lchov apparatlarni yaratishda, harakatlanuvchi sistemalarga kontaktsiz magnit tayanchlarini qo'yishda, impulsli solenoidli katushkalarni yaratishda, plazma harakatini boshqarish uchun magnit maydoni qo'yishda, elektromagnit nasoslarni yaratishda, magnitogidrodinamik tezlatgichlarni yaratishda, bir qator fizik eksperimentlarni o'tkazishda va hokozalarda uchraydi.

Yuqorida sanab o'tilgan zamonaviy texnikaning sohalarida optimal qulay konstruksiyalarni yaratish, konstruksiyalar sifatida esa, yupqa qobiq va plastinka shaklidagi konstruktiv elementlarni keng ravishda ishlatilishi masalalari bilan uzviy bog'langan. Bu holda qobiq yoki plastinka shaklidagi jismlar bilan elektromagnit maydonining o'zaro ta'sir effekti salmoqli bo'ladi[6; 7-10-6.].

O'zgaruvchan elektromagnit va mexanik yuklanishlar ta'sirida bo'lgan o'zgaruvchan qalinlikli xalqaviy plastinka kuchlanganlik holati magnitoelastikligi nochiqli masalasini qaraymiz.

Elastik plastinka materiali chekli elektr o'tkazuvchan bo'lib, tashqi magnit maydonida joylashgan. Plastinka tekis taqsimlangan tashqi begona elektr tokini o'tkazuvchi tok o'tkazgich hisoblanadi. Boshlang'ich holatda magnitostatika masalasi echilgan, ya'ni tashqi va ichki soxalar uchun magnit induksiyasi vektori aniqlangan deb hisoblaymiz.

Koordinata tekisligi sifatida, qutb koordinatalari kiritilgan o'rta tekislikni tanlaymiz. γ - koordinata o'rta tekislikning normal bo'yicha yo'nalgan (1- rasm). Plastinkaning qalinligi $h = h(r, \theta)$ - ikkita yo'nalish bo'yicha o'zgaradi.



1- rasm. Kombinirlangan yuklanish ta'sirida bo'lgan plastinka

O'zgaruvchan elektromagnit va mexanik yuklanishlar ta'sirida bo'lgan yupqa plastinkaning o'qqa nisbatan simmetrik kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tadqiq qilamiz.

Elektromagnit maydonining deformatsiya maydoniga ta'siri Lorens kuchi orqali sodir etiladi deb hisoblaymiz va Lorens kuchi harakat tenglamasida ishtirok etishini ta'kidlab o'tamiz.

Plastinkaga qo'yilgan elektromagnit va mexanik yuklanishlar o'qqa nisbatan simmetriklikni saqlagan holda deformatsiyani vujudga keltiradi.

Bunda plastinka kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatining hamma faktorlari va elektromagnit komponentalar faqat r yoki θ fazoviy koordinatalarning birortasiga bog'liq bo'ladi.

Muhakama: Elektromagnit effektlarni taxli qilish va magnit maydonida plastinkaning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini aniqlash uchun, chegaraviy masalani aralash ko'rinishda shakllantiramiz va izlanayotgan funsiyalar ko'chishlar, zo'riqishlar, momentlar va mos elektromagnit maydoni komponentalarini tanlanadi [5; 6–8-6.].

Bunday funksiyalarni tanlash hisoblash sxemasini murakkablashtirmasdan chegaraviy shartlarning keng sinfini tanlashga imkoniyat yaratadi. Boshlang'ich munosabatlarda plastinka uchun $1/R_s = 0$, $\varphi = 0$ va $s = r$, $\theta = \theta$ ekanliklarini hisobga olib, quyidagi xalqaviy plastinka magnitoelastikligi tenglamalari yopiq sistemasini hosil qilamiz:

Harakat tenglamalari

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial r}(rN_r) - N_\theta + \frac{\partial S}{\partial r} + r(P_s + \rho F_s^\wedge) &= r\rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial N_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r^2 S) + r(P_\theta + \rho F_\theta^\wedge) &= r\rho h \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial}{\partial r}(rQ_r) + \frac{\partial Q_\theta}{\partial \theta} + r(P_\gamma + \rho F_\gamma^\wedge) &= r\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\frac{\partial H}{\partial \theta} + \frac{\partial}{\partial r}(rM_r) - M_\theta - rQ_r - rN_r g_r - rS g_\theta = 0,$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r^2 H) + \frac{\partial M_\theta}{\partial \theta} - rQ_\theta - rN_\theta g_\theta - rS g_r = 0,$$

Elektrodinamika tenglamalari

$$\begin{aligned} -\frac{\partial B_\gamma}{\partial t} &= \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(rE_\theta) - \frac{1}{r} \frac{\partial E_r}{\partial \theta}, \\ \sigma \left[E_r - \frac{\partial v}{\partial t} B_\gamma - 0,5 \frac{\partial w}{\partial t} (B_\theta^+ + B_\theta^-) \right] + J_{rCT} &= \frac{1}{r} \frac{\partial H_\gamma}{\partial \theta} + \frac{H_\theta^+ - H_\theta^-}{h}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sigma \left[E_\theta - \frac{\partial u}{\partial t} B_\gamma + 0,5 \frac{\partial w}{\partial t} (B_r^+ + B_r^-) \right] + J_{\theta CT} = -\frac{\partial H_\gamma}{\partial r} + \frac{H_r^+ - H_r^-}{h};$$

Ko'chishlar va deformatsiyalar o'rtasidagi munosabatlar

$$\begin{aligned} \varepsilon_{rr} &= \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{2} g_r^2, \quad \varepsilon_{\theta\theta} = \frac{u}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{1}{2} g_\theta^2, \\ \varepsilon_{r\theta} &= \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} + g_r g_\theta, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\chi_{rr} = \frac{\partial g_r}{\partial r}, \quad \chi_{\theta\theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial g_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{r} g_r, \quad \chi_{r\theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial g}{\partial \theta} - \frac{1}{r} g_\theta,$$

bu erda

$$g_r = -\frac{\partial w}{\partial r}, \quad g_\theta = -\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \theta}; \quad (4)$$

Elastiklik munosabatlari

$$N_r = \frac{Eh}{1-\nu^2} (\varepsilon_{rr} + \nu \varepsilon_{\theta\theta}), \quad N_\theta = \frac{Eh}{1-\nu^2} (\varepsilon_{\theta\theta} + \nu \varepsilon_{rr}), \quad S = \frac{Eh}{2(1+\nu)} \varepsilon_r \varepsilon_\theta,$$

$$M_r = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} (\chi_{rr} + \nu \chi_{\theta\theta}), \quad M_\theta = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} (\chi_{\theta\theta} + \nu \chi_{rr}), \quad (5)$$

$$H = \frac{Eh^3}{12(1+\nu)} \chi_{r\theta}.$$

Lorens kuchi tashkil etuvchilari

$$\rho F_s^\wedge = h J_{\theta CT} B_\gamma + \sigma h E_\theta B_\gamma + \sigma h \left\{ 0,5 \frac{\partial w}{\partial t} (B_s^+ + B_s^-) B_\gamma - \right.$$

$$\left. - \frac{\partial u}{\partial t} B_\gamma^2 - \frac{\partial u}{\partial t} \left[0,25 (B_\theta^+ + B_\theta^-)^2 + \frac{1}{12} (B_\theta^+ - B_\theta^-)^2 \right] + \right.$$

$$\left. + \frac{\partial v}{\partial t} \left[0,25 (B_s^+ + B_s^-) (B_\theta^+ + B_\theta^-) + \frac{1}{12} (B_s^+ - B_s^-) (B_\theta^+ - B_\theta^-) \right] \right\},$$

$$\rho F_\theta^\wedge = -h J_{sCT} B_\gamma - \frac{h}{r\mu} \frac{\partial B_\gamma}{\partial \theta} B_\gamma +$$

$$+ \sigma h \left\{ \frac{\partial u}{\partial t} + \left[0,25 (B_s^+ + B_s^-) (B_\theta^+ + B_\theta^-) + \frac{1}{12} (B_s^+ - B_s^-) (B_\theta^+ - B_\theta^-) \right] - \right.$$

$$\left. - \frac{\partial v}{\partial t} \left[0,25 (B_\theta^+ + B_\theta^-)^2 + \frac{1}{12} (B_\theta^+ - B_\theta^-)^2 \right] \right\} - \frac{B_\theta^+ - B_\theta^-}{\mu} B_\gamma,$$

$$\rho F_\gamma^\wedge = 0,5 h [J_{sCT} (B_\theta^+ + B_\theta^-) - J_{\theta CT} (B_s^+ + B_s^-)] + \frac{h}{2r\mu} \frac{\partial B_\gamma}{\partial \theta} (B_\theta^+ + B_\theta^-) -$$

$$- 0,5 \sigma h E_\theta (B_s^+ + B_s^-) + \sigma h \left\{ 0,5 \frac{\partial u}{\partial t} (B_s^+ + B_s^-) B_\gamma - \frac{\partial w}{\partial t} [0,25 (B_s^+ + B_s^-)^2 + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{12} (B_\theta^+ - B_\theta^-)^2 + \frac{1}{12} (B_s^+ - B_s^-)^2 \right] \right\} + \frac{B_\theta^{+2} - B_\theta^{-2}}{\mu}.$$

(6)

Hosil qilingan (1)-(6) tenglamalar sistemasi tok o'tkazuvchi izotrop plastinka chiziqlimas magnitoelastikligi modelini tashkil etadi.

Natijalar. O'zgaruvchan elektromagnit va mexanik yuklanishlar ta'sirida bo'lgan yupqa plastinkaning o'qqa nisbatan simmetrik kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tadqiq qilamiz. O'tkazuvchanlik xossalari ortotropisini hisobga olgan holda, yupqa ortotrop xalqaviy plastinkaning o'qqa nisbatan simmetrik magnitoelastik deformatsiyalanishi masalasini qaraymiz.

Jism tashqi magnit maydoni ta'sirida bo'lsin deb hisoblab, magnitoelastiklik tenglamalari lagranj o'zgaruvchilarida jism egallab turgan soha (ichki soha) uchun quyidagicha yozmiz:

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \text{rot } \vec{H} = \vec{J} + \vec{J}_{cm};$$

$$\text{div } \vec{B} = 0, \text{div } \vec{D} = 0; \quad (7)$$

$$\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \rho (\vec{f} + \vec{f}^{\wedge}) + \text{div } \hat{\sigma} \quad (8)$$

bunda $\vec{J}_{cm}$ – begona elektr toki zichligi, $\vec{f}$ – hajmiy kuch, $\vec{f}^{\wedge}$ – hajmiy Lorens kuchi, $\vec{J}$ – elektr toki zichligi, $\hat{\sigma}$ – ichki kuchlanish tenzori.

Jism materialining elastiklik xossasi ortotrop hisoblanadi, bunda elastiklikning bosh yo'nalishlari mos koordinata chiziqlarining yo'nalishlari bilan ustma-ust tushadi.

Jism materiali umumlashgan Guk qonuniga bo'ysunadi va chekli elektro'tkazuvchandir. Tok o'tkazuvchi jism materialining elektromagnit xossalari σ_{ij} elektr o'tkazuvchanlik, μ_{ij} magnit singdiruvchanlik va ε_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) dielektrik singdiruvchanlik tenzorlari bilan tavsiflanadi.

Bunda, kristallofizikadan kelib chiqqan holda, kristal tuzilishi rombik bo'lgan qaralgan o'tkazuvchi muhitlar sinfi uchun $\sigma_{ij}, \mu_{ij}, \varepsilon_{ij}$ tenzor-lar diagonal ko'rinishni qabul qiladi deb hisoblangan.

Bu holda, material munosabatlar, umumlashgan Om qonuni, ponderomotor kuchlar uchun ifodalar, mos holda quyidagicha yoziladi.

$$\vec{B} = \mu_{ij} \vec{H}; \quad \vec{D} = \varepsilon_{ij} \vec{E}; \quad (9)$$

$$\vec{J} = \sigma_{ij} (\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B}); \quad (10)$$

$$\rho \vec{f}^{\wedge} = \sigma_{ij} (\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B}) \times \vec{B}. \quad (11)$$

Magnit maydonida ortotrop doiraviy plastinkaning deformatsiyasini tadqiq qilishda, unga r, θ, z silindrik koordinatalar sistemasini qo'yamiz. Bunda plastinkaning o'rta sirti qutb koordinatalar sistemasi bilan bog'langan va plastinaning markazi koordinatalar boshida bo'lsin deb olamiz.

O'tkazuvchanlik xossalari ortotropiyasini hisobga olgan holda tashqi magnit maydonda joylashgan egiluvchan tok o'tkavchi ortotrop plastinkaning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini ifodalovchi hal qiluvchi differensial tenglamalar sistemasini quyidagi ko'rinishda olamiz:

$$\frac{\partial u}{\partial r} = \frac{1 - \nu_r \nu_\theta}{e_r h} N_r - \frac{g_\theta}{r} u - 0,5 g_r^2; \quad \frac{\partial w}{\partial r} = -g_r; \quad \frac{\partial g_r}{\partial r} = \frac{12(1 - \nu_r \nu_\theta)}{e_r h^3} M_r - \frac{\nu_\theta}{r} g_r;$$

$$\frac{\partial N_r}{\partial r} = \frac{1}{r} (\nu_\theta - 1) N_r + \frac{e_\theta h}{r^2} u - P_r - h J_{\theta cm} - \sigma_1 h \left[E_\theta B_z - \frac{\partial u}{\partial t} B_z^2 + 0,5 \frac{\partial w}{\partial t} (B_r^+ + B_r^-) B_z \right] + \rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2};$$

$$\frac{\partial Q_r}{\partial r} = -\frac{1}{r} Q_r - P_z - 0,5 h J_{\theta cm} (B_r^+ + B_r^-) + \sigma_2 h \left[0,5 E_\theta (B_r^+ + B_r^-) + 0,25 \frac{\partial w}{\partial t} (B_r^+ + B_r^-)^2 + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{12} \frac{\partial w}{\partial t} (B_r^+ - B_r^-)^2 - 0,5 \frac{\partial u}{\partial t} (B_r^+ + B_r^-) B_z \right] + \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2};$$

$$\frac{\partial M_r}{\partial r} = \frac{1}{r}(\nu_\theta - 1)M_r + \frac{e_\theta h^3}{12r^2} \mathcal{G}_r + Q_r + N_r \mathcal{G}_r; \quad (12)$$

$$\frac{\partial B_z}{\partial r} = -\sigma_2 \mu \left[E_\theta + 0.5(B_r^+ + B_r^-) \frac{\partial w}{\partial t} - B_z \frac{\partial u}{\partial t} \right] + \frac{B_r^+ - B_r^-}{h}; \quad \frac{\partial E_\theta}{\partial r} = -\frac{\partial B_z}{\partial t} - \frac{1}{r} E_\theta.$$

Chegaraviy shartlarni quyidagi ko'rinishda olamiz:

$$\begin{aligned} u = 0, \quad w = 0, \quad \mathcal{G}_r = 0, \quad B_z = 0.5 \sin \omega t, \quad r_0 = 0.005M, \\ N_r = 0, \quad Q_r = -100, \quad M_r = 0, \quad E_\theta = 0, \quad r_N = 0.009M. \end{aligned} \quad (13)$$

Boshlang'ich shartlarni quyidagicha olamiz:

$$\bar{N}(r, t) \big|_{t=0} = 0, \quad \dot{u}(r, t) \big|_{t=0} = 0, \quad \dot{w}(r, t) \big|_{t=0} = 0, \quad \dot{\mathcal{G}}(r, t) \big|_{t=0} = 0. \quad (14)$$

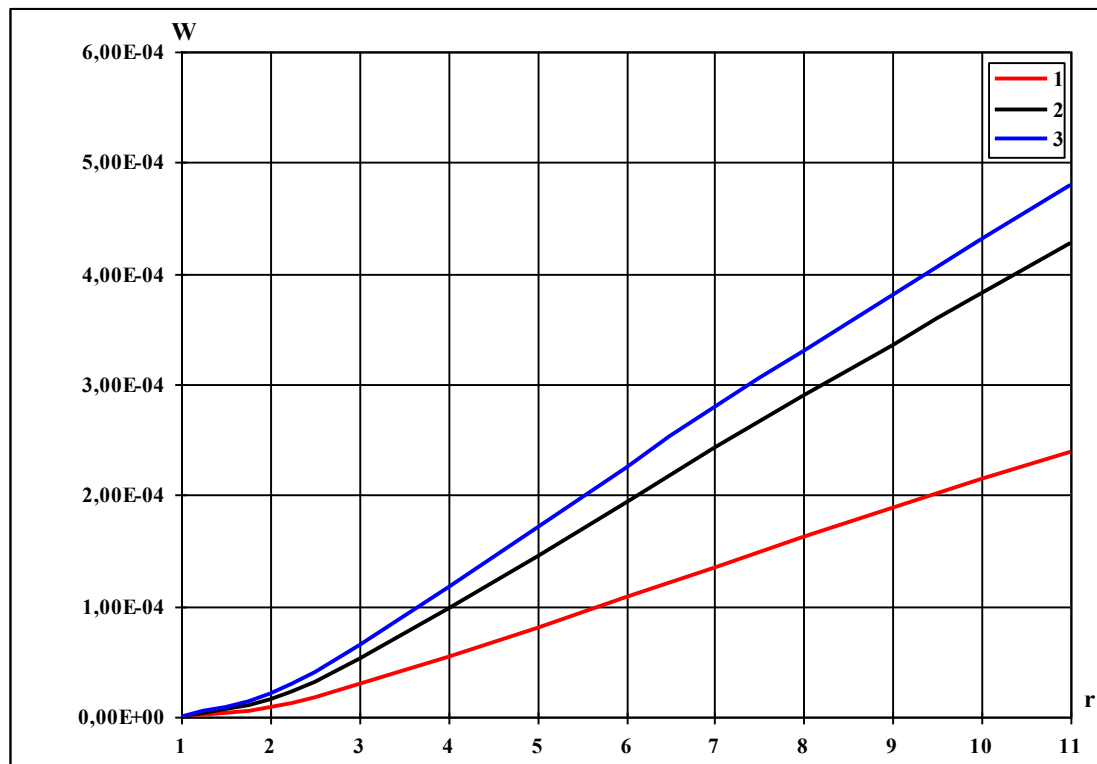
Plastinkaning fizika-mexanikaviy parametrlarini quyidagicha olamiz:

$$\begin{aligned} r_0 = 0.005M; \quad r_1 = 0.009M; \quad h = 5 \cdot 10^{-4} (1 - \gamma r^2 / r_0) M; \quad \gamma = 10, \quad \gamma = 0.06, \\ \gamma = 0.7, \quad \sigma_1 = 0.454 \cdot 10^8 (OM \times M)^{-1}, \quad \sigma_2 = 0.200 \cdot 10^8 (OM \times M)^{-1}, \quad \nu_r = 0.262; \nu_\theta = 0.320; \\ e_r = 22.9 \cdot 10^{10} H / M^2; \quad e_\theta = 10.7 \cdot 10^{10} H / M^2; \quad \omega = 314.16 c^{-1}; \\ P_z = 5 \cdot 10^3 \sin \omega t H / M^2; \quad P_r = 0; \quad \tau = 1 \cdot 10^{-2} c; \quad \mu = 1.256 \cdot 10^{-6} \Gamma H / M; \\ \rho = 2600 \text{ kg} / M^3; \quad J_{\theta CT} = 3 \cdot 10^7 \sin \omega t A / M^2; \quad B_r^\pm = 0.5 T\lambda; \quad B_{r0} = 0.5 \sin \omega t. \end{aligned}$$

(15)

O'zgaruvchan $h = 5 \cdot 10^{-5} (1 - \gamma r^2 / r_0) M$ qalinlikli boroallyuminiydan yasalgan plastinka magnit induksiyasi B_{z0} normal tashkil etuvchisi ta'siridagi masala sonli hisoblangan. Magnit induksiyasi normal tashkil etuvchisi quyidagicha o'zgaradi deb olingan: $B_{z0} = (0.1, 0.2, 0.5)$. Ortotrop plastinkaning magnit induksiyasi B_{z0} normal tashkil etuvchisining o'zgarishidan bog'liq bo'lgan kuchlanganlik holatini tadqiq qilamiz.

Qo'yilgan masalaning echimi $\tau = 0 \div 10^{-2} c$ vaqt intervalida aniqlangan, vaqt bo'yicha integrallash qadami $\Delta t = 1 \cdot 10^{-3} c$ ga teng deb olingan. Maksimal qiymatlar vaqt bo'yicha $t = 5 \cdot 10^{-3} c$ qadamda hosil qilingan. Quyida keltirilgan 2-rasmdagi (1,2,3) grafiklar tashqi magnit induksiyasi normal tashkil etuvchisining quyidagi variantlariga mos keladi: 1. $B_{z0} = 0.1$; 2. $B_{z0} = 0.2$; 3. $B_{z0} = 0.5$. 2-rasmda plastinkaning radial koordinatasi bo'yicha $t = 5 \cdot 10^{-3} c$ vaqt momentidagi tashqi magnit induksiyasi normal tashkil etuvchisining uchta qiymatlari uchun $w(r)$ egilishning o'zgarishi grafigi keltirilgan.



2-rasm. Tashqi magnit induksiyasi normal tashkil etuvchisining uchta qiymatlari uchun $t = 5 \cdot 10^{-3} c$ vaqt momentidagi plastinka radial koordinatasi bo'yicha $w(r)$ egilishining o'zgarishi grafiklari keltirilgan.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, o'zgaruvchan xalqaviy plastinkalarning tashqi magnit maydoni ta'sirida deformatsiyalanishi dasturiy modellashirish orqali samarali o'rganilishi mumkin. Dasturiy vositalar yordamida olinadigan natijalar nazariy hisob-kitoblar bilan taqqoslanib, real tajribalarni qisqartirish imkonini beradi. Bu esa ilmiy tadqiqotlarda vaqt va resurslarni tejash hamda texnologik jarayonlarda optimal konstruksiyalar ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. Амбарцумян С.А., Белубекян М.В. Некоторые задачи электромагнито-упругости пластин. - Ереван: Изд. ЕГУ, 1991. - 144 с.
2. Timoshenko S.P., Woinowsky-Krieger S. Theory of Plates and Shells. McGraw-Hill, 1959.
3. Indiaminov, R. Sh. (2021). Mathematical modeling of magneto-elastic vibrations of an annular plate in a magnetic field. ISJ Theoretical & Applied Science.
4. Indiaminov R. Sh, Narkulov A., Butayev R.B. Magnetoelastic strain of flexible shells in nonlinear statement. Journal AIP Conference Proceedings, 2021, 2365,02
5. Indiaminov R, Narkulov A., Zarpullaev U. Mathematical modeling of magnetoelastic vibrations of a rod in a magnetic field. ISJ Theoretical & Applied Science, 03 (83), - P. 327-332. Philadelphia, USA, 2020.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 8 (3)-2025

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com