

MODELING THE PROBLEM OF ELASTICITY THEORY IN TERMS OF STRESSES USING COMPUTER TOOLS

U.E.Adambayev, G.I Raxmatullayeva

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

E-mail: guliraxmatullayeva5@gmail.com

Abstract

The classical theory of elasticity has traditionally focused on solving problems through displacements, whereas in recent years there has been a growing interest in computer-based modeling of problems posed in terms of stresses. This approach provides a more accurate analysis of the stress state of objects, particularly under complex loads and boundary conditions. In this article, we first examine the theoretical foundations and mathematical models of stress-based elasticity theory, followed by the numerical methods applied to solve them using computer simulations. Furthermore, the stages of the modeling process, the advantages of this approach, and its fields of application are analyzed. In determining the strength and reliability of structures and their elements—especially considering the effects of thermoelectricity—traditional approaches may sometimes face limitations. For instance, the classical Lamé (Navier) equations do not always precisely satisfy boundary conditions. Stress-based problem formulations, however, aim to overcome these issues, helping to reduce the risk of material failure and improve operational properties.

Keywords: Theory of elasticity, stress, computer modeling, numerical methods, finite element method, thermoelectricity.

KUCHLANISHLARDA BERILGAN ELASTIKLIK NAZARIYASI MASALASINI KOMPYUTER VOSITASIDA MODELLASHTIRISH

Abstract

Klassik elastiklik nazariyasi asosan siljishlar (ko'chishlarga) orqali masalalarni yechishga qaratilgan bo'lsa, so'nggi yillarda kuchlanishlarga nisbatan qo'yilgan

masalalarni kompyuter vositasida modellashtirishga qiziqish ortmoqda. Bu yondashuv, ayniqsa, murakkab yuklamalar va chegaraviy shartlar ostida ob'ektlarning kuchlanganlik holatini yanada aniqroq tahlil qilish imkonini beradi.

Ushbu maqolada biz dastlab kuchlanishlarga asoslangan elastiklik nazariyasining nazariy asoslari va matematik modellarini, so'ngra ularni kompyuterda hal qilishda qo'llaniladigan sonli usullarni ko'rib chiqamiz. Shuningdek, modellashtirish jarayonining bosqichlari va ushbu yondashuvning afzalliklari hamda qo'llanilish sohalari tahlil qilinadi.

Konstruktsiyalar va ularning elementlari mustahkamligi va ishonchliligini aniqlashda, ayniqsa, termoelastiklik ta'sirini hisobga olgan holda, an'anaviy yondashuvlar ba'zan cheklovlarga ega bo'lishi mumkin. Masalan, klassik Lame (Navier) tenglamalari chegaraviy shartlarni har doim ham aniq qanoatlantira olmaydi. Kuchlanishlarda berilgan masalalar esa bu muammolarni hal qilishga qaratilgan bo'lib, ular materiallarning yemirilish xavfini kamaytirish va ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilashga yordam beradi.

Kalit so'zlar: Elastiklik nazariyasi, kuchlanish, kompyuter modellashtirish, sonli usullar, chekli elementlar usuli, termoelastiklik.

Kirish.

Zamonaviy muhandislik va texnologiyada materiallarning yuk ostida qanday xatti-harakat qilishini tushunish va bashorat qilish muhim ahamiyatga ega. Konstruktsiyalarning ishonchliligi, xavfsizligi va optimal ishlashini ta'minlash uchun ulardagi kuchlanish va kuchlanish taqsimotini aniq tahlil qilish zarur. An'anaviy analitik usullar murakkab geometriyali yoki notekis yuklangan sistemalar uchun cheklangan imkoniyatlarga ega bo'lib, amaliy muammolarni hal etishda yetarli bo'lmashligi mumkin.

Shu bois, kuchlanishlarda berilgan elastiklik nazariyasi masalalarini kompyuter vositasida modellashtirish so'nggi yillarda keng tarqalgan va samarali yechimga aylandi. Bu yondashuv matematik modellarni sonli usullar bilan birgalikda qo'llash orqali materiallarning elastik xususiyatlarini, kuchlanish holatini va

deformatsiyalarini virtual muhitda tahlil qilish imkonini beradi. Kompyuterda modellashtirish tajribalar o'tkazishga ketadigan vaqt va resurslarni sezilarli darajada tejab, loyihalash jarayonini tezlashtiradi va optimallashtirishga yordam beradi. Ushbu maqola, elastiklik nazariyasi masalalarini kompyuterda modellashtirishning asosiy prinsiplari, qo'llanilish sohalari va afzalliklariga bag'ishlangan bo'lib, uning nazariy asoslari va amaliy ahamiyatini yoritadi.

Ushbu ish yangi matematik va sonli modellarni ishlab chiqishga bag'ishlangan bo'lib, bu modellar elastiklik va termoelastiklik masalalarini kuchlanishlarga nisbatan yechishga qaratilgan. Bu tenglamalar, klassik Lamé (Navye) tenglamalaridan farqli o'laroq, chegaraviy shartlarni aniq qanoatlantiradi. Bu esa o'rganilayotgan obyektlarning kuchlanganlik holatini yanada aniqroq tahlil qilish imkonini beradi. Konstruktsiyalar hamda ularning elementlari mustahkamligi va ishonchliligini aniqlashga xizmat qiladi.

Tadqiqot doirasida elastiklik va termoelastiklik nazariyasining ikki o'lchovli statik masalalari izotrop va anizotrop jismlar kuchlanishlarga nisbatan tadqiq qilinadi, jumladan:

Hajmiy kuchlarsiz ikki o'lchovli elastiklik nazariyasi masalasi[2,5,10]

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \sigma_{xy}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_{xy}}{\partial y^2} + \frac{1}{1+\nu} \left(\frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 \sigma_y}{\partial x \partial y} \right) = 0 \quad (3)$$

Mos chegaraviy shartlari

$$\begin{aligned}(\sigma_x n_1 + \sigma_{xy} n_2) \Big|_{\Gamma} &= S_1, \\ (\sigma_{xy} n_1 + \sigma_y n_2) \Big|_{\Gamma} &= S_2\end{aligned}\tag{4}$$

Hamda, soha chegarasida muvozanat tenglamasi asosida aniqlangan qo‘shimcha chegaraviy shartlari bilan, ya’ni:

$$\begin{aligned}\left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y}\right) \Big|_{\Gamma} &= 0, \\ \left(\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x}\right) \Big|_{\Gamma} &= 0\end{aligned}\tag{5}$$

Sonli modellashtirish uchun chekli ayirmali usul va Galerkin usuli doirasida chekli elementlar usuli qo‘llaniladi [3,6,8,9]. Kompyuter hisoblashlari uchun algoritmlar ishlab chiqiladi, bu esa kosmonavtika, energetika va materialshunoslikdagi murakkab konstruktsiyalarni modellashtirish imkonini beradi.

Ish natijalari tutash muhitlar mexanikasi va matematik modellashtirishning sonli metodlarini rivojlantirishga, hisoblashlarning aniqligini oshirishga hamda murakkab termomexanik statik yuklanishlar ta’sirida konstruktsiyalarning kuchlanganlik holatini tahlil qilish uchun yangi muhandislik yechimlarini yaratishga xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi elastiklik va termoelastiklik nazariyasini kuchlanishlarga nisbatan yangi matematik modellar yaratish orqali rivojlantirishdir. Klassik usullardan farqli o‘laroq, bunda Lamé (Navye) tenglamalaridan foydalanilmaydi, balki chegaraviy masalalar kuchlanishlar orqali ifodalanadi va bu esa yanada aniq natijalarga erishishni ta’minlaydi.

Izotrop va anizotrop jismlar uchun, shuningdek, harorat ta’sirini hisobga olgan holda, kuchlanishlarga nisbatan umumlashtirilgan Beltrami-Mitchell tipidagi tenglamalar ishlab chiqiladi.

Mazkur ish mavjud tadqiqotlardan farqli ravishda, bevosita kuchlanishlarga asoslangan yangi sonli usullar va algoritmlarni ishlab chiqishni nazarda tutadi. Bu esa issiqlik-mexanik omillar ta'sirida tadqiq qilinayotgan obyektlarning mustahkamligi va ishonchliligini aniqlash imkonini beradi. Hisoblash modellari ishlab chiqiladi, ular murakkab konstruktsiyalarning termomexanik ta'sirlarni hisobga olgan holda kuchlanganlik holatini tahlil qilish imkoniyatini yaratadi. Shu bilan birga, kuchlanishlarga asoslangan yangi modellashtirish usullarining ishlab chiqilishi, ko'chishlarga asoslangan klassik usullardan farqli o'laroq, materiallarning yemirilish xavfini kamaytiradi va ularning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilaydi, shuningdek, muhandislik obyektlarini texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash xarajatlarini kamaytiradi hamda uskunalarning xizmat muddatini uzaytirishga yordam beradi.

Tadqiqotning Maqsadi va Dolzarbligi

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi elastiklik va termoelastiklik nazariyasini kuchlanishlarga nisbatan yangi matematik modellar yaratish orqali rivojlantirishdir. Klassik Lame (Navye) tenglamalaridan farqli o'laroq, ushbu yondashuvda chegaraviy masalalar bevosita kuchlanishlar orqali ifodalanadi. Bu esa o'rganilayotgan obyektlarning kuchlanganlik holatini yanada aniqroq tahlil qilish imkonini beradi, chunki bu tenglamalar chegaraviy shartlarni aniqroq qanoatlantiradi.

Ishlab chiqilgan yangi modellar va algoritmlar kosmonavtika, energetika va materialshunoslik kabi sohalardagi murakkab konstruktsiyalarni modellashtirish imkonini beradi. Xususan, izotrop va anizotrop jismlar uchun, shuningdek, harorat ta'sirini hisobga olgan holda, kuchlanishlarga nisbatan umumlashtirilgan Beltrami-Mitchell tipidagi tenglamalar ishlab chiqiladi. Mazkur ish mavjud tadqiqotlardan farqli ravishda, bevosita kuchlanishlarga asoslangan yangi sonli usullar va algoritmlarni ishlab chiqishni nazarda tutadi. Bu yondashuv issiqlik-mexanik omillar ta'sirida tadqiq qilinayotgan obyektlarning mustahkamligi va ishonchliligini aniqlash imkonini beradi.

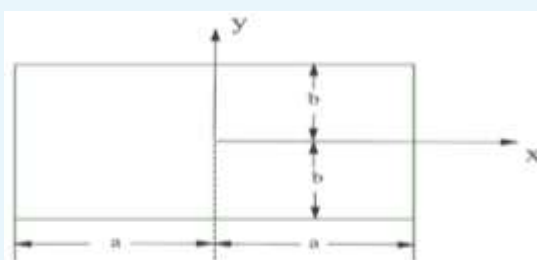
Bundan tashqari, kuchlanishlarga asoslangan yangi modellashtirish usullarining ishlab chiqilishi, ko‘chishlarga asoslangan klassik usullardan farqli o‘laroq, materiallarning yemirilish xavfini kamaytiradi va ularning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilaydi. Shu bilan birga, bu yechimlar muhandislik obyektlarini texnik xizmat ko‘rsatish va ta‘mirlash xarajatlarini kamaytiradi hamda uskunalarning xizmat muddatini uzaytirishga yordam beradi. Ish natijalari tutash muhitlar mexanikasi va matematik modellashtirishning sonli metodlarini rivojlantirishga, hisoblashlarning aniqligini oshirishga hamda murakkab termomexanik statik yuklanishlar ta‘sirida konstruksiyalarning kuchlanganlik holatini tahlil qilish uchun yangi muhandislik yechimlarini yaratishga xizmat qiladi.

Sonli Modellashtirish Usullari

Sonli modellashtirish uchun **chekli ayirmali usul** va **Galerkin usuli** doirasida **chekli elementlar usuli** qo‘llaniladi. Bu usullar, murakkab differensial tenglamalar tizimini algebratik tenglamalar tizimiga aylantirib, kompyuterda yechish imkonini beradi.

Chekli Ayirmali Usul (Finite Difference Method - FDM)

Faraz qilaylik, yuqoridagi chegaraviy masala tomonlarining uzunliklari $l_1 = 2a$ va $l_2 = 2b$ bo‘lgan to‘g‘ri to‘rtburchakda qaralsin (1-rasm). To‘g‘ri to‘rtburchak tomonlarining uzunliklarini N_k ga bo‘lib, koordinata o‘qlari bo‘yicha to‘r qadamini topish mumkin. U holda tugun nuqtalarning koordinatalari $x_i = ih_1$ ($i = \overline{0, n_1}$), $y_j = jh_2$ ($j = \overline{0, n_2}$) [3,6] ko‘rinishda bo‘ladi.



1-rasm

(1-3) tenglamalardagi hosilalarni tegishli chekli-ayirmali nisbatlar bilan almashtirib, mos ravishda quyidagilarni topish mumkin:

$$\frac{\sigma_{i+1,j}^x - \sigma_{i,j}^x}{h_1} + \frac{\sigma_{i,j+1}^{xy} - \sigma_{i,j-1}^{xy}}{2h_2} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\sigma_{i,j+1}^y - \sigma_{i,j}^y}{h_2} + \frac{\sigma_{i+1,j}^{xy} - \sigma_{i-1,j}^{xy}}{2h_1} = 0 \quad (7)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\sigma_{i+1,j}^{xy} - 2\sigma_{ij}^{xy} + \sigma_{i-1,j}^{xy}}{h_1^2} + \frac{\sigma_{i,j+1}^{xy} - 2\sigma_{ij}^{xy} + \sigma_{i,j-1}^{xy}}{h_2^2} + \\ & + \frac{1}{1+\nu} \left\{ \frac{\sigma_{i+1,j+1}^x - \sigma_{i-1,j+1}^x - \sigma_{i+1,j-1}^x + \sigma_{i-1,j-1}^x}{4h_1h_2} + \right. \\ & \left. + \frac{\sigma_{i+1,j+1}^y - \sigma_{i-1,j+1}^y - \sigma_{i+1,j-1}^y + \sigma_{i-1,j-1}^y}{4h_1h_2} \right\} = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

(6) tenglamadagi birinchi qo'shiluvchini chap chekli nisbat bilan almashtirib, quyidagini topish mumkin:

$$\frac{\sigma_{i,j}^x - \sigma_{i-1,j}^x}{h_1} + \frac{\sigma_{i,j+1}^{xy} - \sigma_{i,j-1}^{xy}}{2h_2} = 0, \quad (9)$$

(6) va (9) munosabatlardan quyidagilarni topish mumkin:

$$2\sigma_{ij}^x = \sigma_{i+1,j}^x + \sigma_{i-1,j}^x \quad (10)$$

Mos ravishda (7) tenglamadan

$$2\sigma_{ij}^y = \sigma_{i,j+1}^y + \sigma_{i,j-1}^y \quad (11)$$

ni topamiz.

(8,10) va (11) chekli ayirmali tenglamalarni, σ_{ij}^x , σ_{ij}^y va σ_{ij}^{xy} larga nisbatan yechib, va quyidagi almashtirishlardan keyin $\sigma_{ij}^x = \sigma_{xij}^{(k)}$, $\sigma_{ij}^y = \sigma_{yij}^{(k)}$, $\sigma_{ij}^{xy} = \sigma_{xyij}^{(k)}$ mos ravishda

$$\sigma_{xij}^{(k+1)} = \frac{\sigma_{x i+1,j}^{(k)} + \sigma_{x i-1,j}^{(k)}}{2}, \quad (12)$$

$$\sigma_{yij}^{(k+1)} = \frac{\sigma_{y i,j+1}^{(k)} + \sigma_{y i,j-1}^{(k)}}{2} \quad (13)$$

$$\sigma_{xy\,ij}^{(k+1)} = \left\{ \frac{\sigma_{xy\,i+1,j}^{(k)} + \sigma_{xy\,i-1,j}^{(k)}}{h_1^2} + \frac{\sigma_{xy\,i,j+1}^{(k)} + \sigma_{xy\,i,j-1}^{(k)}}{h_2^2} + \frac{1}{1+\nu} \left\{ \frac{\sigma_{x\,i+1,j+1}^{(k)} - \sigma_{x\,i-1,j+1}^{(k)} - \sigma_{x\,i+1,j-1}^{(k)} + \sigma_{x\,i-1,j-1}^{(k)}}{4h_1h_2} \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\sigma_{y\,i+1,j+1}^{(k)} - \sigma_{y\,i-1,j+1}^{(k)} - \sigma_{y\,i+1,j-1}^{(k)} + \sigma_{y\,i-1,j-1}^{(k)}}{4h_1h_2} \right\} \right\} / \left\{ \frac{2}{h_1^2} + \frac{2}{h_2^2} \right\} \quad (14)$$

va larni topish mumkin, bu yerda indekslar ichki nuqtalarda o'zgaradi, ya'ni, $1 \leq i \leq n_1 - 1$, $1 \leq j \leq n_2 - 1$, k - iteratsiya raqami.

Bunda chegaraviy shartlar quyidagi ko'rinishga ega:

$x = \mp a$: da

$$\begin{aligned} \sigma_{x\,0j}^{(0)} &= S, & \sigma_{xy\,0j}^{(0)} &= 0, \\ \sigma_{x\,N_1j}^{(0)} &= S, & \sigma_{xy\,N_1j}^{(0)} &= 0 \end{aligned} \quad (15)$$

$y = \mp b$: da

$$\begin{aligned} \sigma_{y\,i0}^{(0)} &= 0, & \sigma_{xy\,i0}^{(0)} &= 0, \\ \sigma_{y\,iN_2}^{(0)} &= 0, & \sigma_{xy\,iN_2}^{(0)} &= 0 \end{aligned} \quad (16)$$

Shuningdek, qo'shimcha chegaraviy shartlar quyidagi ko'rinishga ega:

$x = \mp a$: da

$$\begin{aligned} \sigma_{y\,0j}^{(0)} &= \sigma_{y\,0,j+1}^{(0)} + h_2 \frac{\sigma_{xy\,1j}^{(0)} - \sigma_{xy\,0j}^{(0)}}{h_1}, \\ \sigma_{y\,n_1j}^{(0)} &= \sigma_{y\,n_1,j+1}^{(0)} + h_2 \frac{\sigma_{xy\,n_1j}^{(0)} - \sigma_{xy\,n_1-1,j}^{(0)}}{h_1} \end{aligned} \quad (17)$$

$y = \mp b$: da

$$\begin{aligned} \sigma_{x\,i0}^{(0)} &= \sigma_{x\,i+1,0}^{(0)} + h_1 \frac{\sigma_{xy\,i1}^{(0)} - \sigma_{xy\,i0}^{(0)}}{h_2}, \\ \sigma_{x\,in_2}^{(0)} &= \sigma_{x\,i+1,n_2}^{(0)} + h_1 \frac{\sigma_{xy\,in_2}^{(0)} - \sigma_{xy\,i,n_2-1}^{(0)}}{h_2} \end{aligned} \quad (18)$$

Chekli ayirmali tenglamalar iteratsiya usuli bilan yechilishi mumkin.

Chekli Elementlar Usuli (Finite Element Method - FEM)

Chekli elementlar usuli eng keng qo'llaniladigan va samarali usullardan biridir. Bu usulda jism kichik elementlarga bo'linadi (uchburchak, to'rtburchak va hokazo).

Har bir element ichida noma'lum funksiya (bu holda kuchlanishlar) oddiy interpolatsiya funksiyalari orqali yaqinlashtiriladi.

Jarayon:

1. **Diskretizatsiya:** Jismni kichik elementlarga bo'lish. Elementlarning shakli va hajmi hisoblash aniqligiga ta'sir qiladi.
2. **Element matritsalarini hosil qilish:** Har bir element uchun kuchlanishlarga bog'liq bo'lgan mahalliy qattqlik matritsalarini hosil qilinadi. Bu matritsalar umumlashtirilgan Beltrami-Mitchell tipidagi tenglamalardan foydalangan holda shakllantiriladi.
3. **Global tenglamalar tizimini yig'ish:** Barcha element matritsalarini yig'ilib, butun sistema uchun global tenglamalar tizimi hosil qilinadi. Bu tizim katta o'lchamli bo'ladi va uni yechish maxsus algoritmlarni talab qiladi.
4. **Chegaraviy shartlarni qo'llash:** Berilgan chegaraviy shartlar (kuchlanishlar yoki siljishlar) global tenglamalar tizimiga kiritiladi.
5. **Tizimni yechish:** Hosil bo'lgan algebratik tenglamalar tizimi iterativ yoki to'g'ridan-to'g'ri usullar yordamida yechiladi. Natijada har bir tugundagi kuchlanish qiymatlari aniqlanadi.
6. **Natijalarni tahlil qilish:** Hisoblangan kuchlanishlar vizuallashtiriladi va tahlil qilinadi. Bu esa konstruksiyaning zaif joylarini aniqlashga va dizaynni optimallashtirishga yordam beradi

Algoritmlar va kompyuter hisoblashlari

Tadqiqot doirasida ishlab chiqiladigan algoritmlar murakkab hisoblashlarni talab qiladigan kompyuter hisoblashlari uchun mo'ljallangan. Kuchlanishlarga nisbatan tuzilgan matematik modellarning yechimi, ayniqsa uch o'lchamli murakkab konstruksiyalar uchun, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlashni va yuqori hisoblash quvvatini talab qiladi.

Algoritmik jarayon:

1. **Pre-processing (Dastlabki ishlov berish):** Modelni geometrik jihatdan tayyorlash, material xossalarini kiritish va to‘r yaratish. Bu bosqichda samarali to‘r generatsiyasi algoritmlari qo‘llaniladi.
2. **Yechish (Solver):** Katta o‘lchamli sparse (siyrak) matritsali algebratik tenglamalar tizimini yechish. Bu yerda iterativ yechish usullari (masalan, konjugat gradient usuli, GMRES) yoki to‘g‘ridan-to‘g‘ri yechish usullari (masalan, LU-faktorizatsiya) qo‘llanilishi mumkin. Ayniqsa, parallel hisoblash algoritmlari superkompyuterlarda samaradorlikni oshirish uchun ishlab chiqiladi.
3. **Post-processing (Natijalarni qayta ishlash):** Yechimlarni vizuallashtirish, grafiklar, kontur xaritalari shaklida taqdim etish. Bu bosqichda ham katta hajmdagi ma’lumotlar bilan ishlashni optimallashtiruvchi algoritmlar muhimdir.

Kompyuter imkoniyatlaridan foydalanish kosmonavtika, energetika va materialshunoslikdagi murakkab konstruksiyalarni yuqori aniqlikda modellashtirish imkonini beradi. Bu esa real sharoitlarda duch kelinadigan murakkab termomexanik statik yuklanishlar ta’sirida konstruksiyalarning kuchlanganlik holatini tahlil qilish uchun yangi muhandislik yechimlarini yaratishga xizmat qiladi. Masalan, aviatsiya sanoatida samolyot qanotlarining kuchlanish holatini hisoblashda, atom elektr stansiyalaridagi bosim idishlarining mustahkamligini baholashda yoki yangi kompozit materiallarning deformatsiyaga chidamliligini o‘rganishda bu usullar muhim ahamiyatga ega.

Xulosa.

Mazkur maqola, muhandislik sohasida tobora dolzarb ahamiyat kasb etayotgan **kuchlanishlarda berilgan elastiklik nazariyasi masalasini kompyuter vositasida modellashtirish** muammosiga bag‘ishlangan bo‘lib, uning fundamental tamoyillari, zamonaviy raqamli yondashuvlari va amaliy tatbiq etilishi jihatlarini atroflicha tahlil qildi. Tadqiqotning bosh maqsadi, materiallarning mexanik xususiyatlarini yuqori aniqlikda baholashga xizmat qiluvchi yangi matematik modellar yaratish orqali elastiklik va termoelastiklik nazariyasini kuchlanishlar nuqtai nazaridan rivojlantirishdan iboratdir. Qayd etilishicha, ushbu modellar an’anaviy Lamé (Navye)

tenglamalariga nisbatan chegaraviy shartlarni aniqroq qondiradi, bu esa o'rganilayotgan obyektlarning kuchlanganlik holatini yanada puxta tahlil qilish imkonini beradi.

Maqolada, ikki o'lchovli statik masalalar, xususan, hajmiy kuchlarsiz elastiklik nazariyasi muvozanat tenglamalari va ularga mos chegaraviy shartlar orqali izotrop va anizotrop jismlar uchun kuchlanishlarga nisbatan tadqiq etildi. Sonli modellashtirishda esa chekli ayirmali usul va Galerkin usuli doirasida chekli elementlar usulining qo'llanilishi alohida ta'kidlandi.

Taklif etilayotgan modellashtirish usullari va algoritmlarining o'ziga xosligi shundaki, ular ko'chishlarga asoslangan klassik usullardan farqli o'laroq, materiallarning yemirilish xavfini sezilarli darajada kamaytiradi va ularning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilaydi. Shu bilan birga, bu yondashuv muhandislik obyektlariga texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash xarajatlarini optimallashtirishga, hamda uskunalarning xizmat muddatini uzaytirishga yordam beradi.

Murakkab hisoblashlarni talab etuvchi kompyuter hisoblashlari uchun algoritmlar ishlab chiqilishi kosmonavtika, energetika va materialshunoslik sohalaridagi murakkab konstruksiyalarni yuqori aniqlikda modellashtirishga yo'l ochadi. Bu esa issiqlik-mexanik omillar ta'sirida tadqiq qilinayotgan obyektlarning mustahkamligi va ishonchliligini baholashda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Yakunida shuni qayd etish joizki, ushbu tadqiqot natijalari tutash muhitlar mexanikasi va matematik modellashtirishning sonli metodlarini rivojlantirishga, hisoblashlarning aniqligini oshirishga, shuningdek, murakkab termomexanik statik yuklanishlar ta'sirida konstruksiyalarning kuchlanganlik holatini tahlil qilish uchun yangi muhandislik yechimlarini yaratishga muhim hissa qo'shadi. Kuchlanishlarga asoslangan yangi matematik modellar yaratish orqali amaliy muhandislik masalalarini yechishda katta salohiyatga ega bo'lgan bu ish, kelajakda yanada murakkabroq mexanik tizimlarni tahlil qilish uchun mustahkam poydevor yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Новацкий В., Теория упругости. М.:Мир, 1975.-872 с.
2. Победря Б.Е., Шешенин С.В., Холматов Т., Задача в напряжениях. Тошкент, Фан, 1988, 200 с.
3. Победря Б.Е., Численные методы в теории упругости и пластичности.М.: Изд-во МГУ, 1996,-343 с.
4. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. –М.Наука, 1979.-560 с.
5. Победря Б.Е., Новая постановка задачи механики деформируемого твердого тела в напряжениях. Докл.АН СССР, т.253, III 2, 1980, с.295-297.
6. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений. М. 1978, 592 с.
7. Khaldjigitov A.A., Kalandarov A.A., Djumayozov U.Z. Finite-Difference Equations for 2D Elasticity Problems on a Non-Uniform Grid. AIP Conference Proceedings 2637, 030005 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0118482>.
8. Khaldjigitov A.A., Kalandarov A.A., Babajanov M.R., Adambaev U.E., Sagdullaeva D.A. Three-Dimensional Coupled Dynamic Thermoplastic Boundary Value Issue for a Transversely Isotropic Parallelepiped. 2nd International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 14-16 Oktober, 2021, Tashkent, AIP Conference Proceedings 2686, 020010 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0114004>.
9. Халджигитов А.А., Адамбаев У.Э., Джумаёзов У.З., Хасанова З.З. Новые модельные уравнения в деформациях для анизотропных тел. Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2024. – № 2(56). – С. 17-29.
- 10.Khaldjigitov A.A., Tilovov O., Khasanova Z. A new approach to problems of thermoelasticity in stresses. Journal of Thermal Stresses, 47(9), 1228–1241.