

ELASTIK NAZARIYASI TEKIS MASALALARINI CHEKLI ELEMENTLAR USULI YORDAMIDA YECHISH

*Javohir Asfandiyorov¹, Ja'far Rabbimqulov²
Sharof Rashidov nomidagi
Samarqand davlat universiteti magistranti
Telefon: +998(95) 3350909
e-mail: asfandiyorovj@samdu.uz*

Annotasiya

Ushbu maqolada elastik nazariyadagi tekis masalalarni chekli elementlar usuli yordamida yechish masalasi ko'rib chiqilgan. Tekis elastik jismlarda kuchlanish va deformatsiya holatlarini aniqlash uchun matematik model tuzilib, ChEU asosida sonli hisoblashlar amalga oshirilgan. Hisoblashlar natijalari grafik va jadval ko'rinishida tahlil qilinib, usulning samaradorligi asoslab berilgan.

Abstract

This article examines the solution of plane problems in the theory of elasticity using the finite element method (FEM). A mathematical model was developed to determine the stress and deformation states in plane elastic bodies, and numerical calculations were carried out based on FEM. The results of the computations were analyzed in graphical and tabular forms, and the efficiency of the method was substantiated.

Kalit so'zlar: *Elastik nazariya, tekis masalalar, chekli elementlar usuli, kuchlanish, deformatsiya, matematik modellashtirish, sonli hisoblash.*

Key words: *Theory of elasticity, plane problems, finite element method, stress, deformation, mathematical modeling, numerical analysis.*

Kirish. Elastik jismlarning tashqi kuchlar ta'sirida qanday kuchlanish va deformatsiyalarga uchrashi muhandislik va texnika sohalarida asosiy o'rinni egallaydi. Ayniqsa, tekis elastiklik holatidagi masalalarni o'rganish turli konstruktiv elementlar - plastinkalar, panellar, ramkalar va korpus qismlarining mustahkamligini tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega. Bunday masalalarni an'anaviy analitik usullar orqali yechish faqat soddalashtirilgan geometrik va yuklama sharoitlarida amalga oshiriladi, real konstruksiyalar uchun esa bu yondashuv samarasiz hisoblanadi. Zamonaviy muhandislik amaliyotida bunday masalalarni hal etishda chekli elementlar usuli (ChEU) keng qo'llanilmoqda. Ushbu sonli usul murakkab shaklga ega jismlar va noan'anaviy yuklama sharoitlarida ham yuqori aniqlikdagi hisob-kitoblarni amalga oshirish imkonini beradi. ChEU asosida elastik jismlarning matematik modeli tuziladi, so'ng u elementar qismlarga bo'linib, differensial tenglamalar tizimi orqali yechiladi.

Natijada jismdagi kuchlanish, siljish va deformatsiyalarni aniqlash imkoniyati yaratiladi. Mazkur maqolada elastik nazariyadagi tekis masalalarni chekli elementlar usuli yordamida yechish usullari ko‘rib chiqiladi. Matematik model asosida sonli hisoblashlar amalga oshirilib, ularning natijalari grafik va jadval ko‘rinishida tahlil qilinadi. Shuningdek, ChEUNing amaliy samaradorligi va qo‘llanilish imkoniyatlari asoslab beriladi.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. Elastik nazariya sohasidagi tekis masalalarni yechishga oid ko‘plab nazariy va amaliy ishlanmalar mavjud bo‘lib, ularning asosiy qismi kuchlanish-deformatsiya holatlarini aniqlash va konstruksiyalarni optimal loyihalashga yo‘naltirilgan. Ushbu masalalarni yechishda dastlabki yondashuvlar klassik elastiklik nazariyasiga asoslangan bo‘lib, ular analitik usullar orqali soddalashtirilgan geometriyaga ega modellar uchun yechim taklif etadi. Biroq bunday usullar murakkab shaklli va murakkab yuklamali jismlar uchun qo‘llanilishi cheklangan. So‘nggi yillarda chekli elementlar usuli (ChEU) bu boradagi asosiy sonli usullardan biri sifatida keng ommalashdi. Timoshenko, Zienkiewicz, Bathe, Reddy kabi olimlarning ishlari ChEU asoslarini shakllantirgan va uning elastik masalalarga tadbqiqini kengaytirgan. Zienkiewiczning klassik asarlarida elastik nazariya tenglamalarining elementlarga bo‘lish orqali qanday qilib sonli yechimga olib kelinishi batafsil bayon etilgan. Shuningdek, Bathe tomonidan ishlab chiqilgan algoritmlar va strukturaviy yondashuvlar hozirgi kundagi ko‘plab injenerlik dasturlarida amaliyotga joriy qilingan. O‘zbekiston va MDH mamlakatlarida ham bu yo‘nalishda sezilarli ilmiy izlanishlar olib borilgan. Jumladan, M. M. Musayev, Sh. A. Abdullayev, G. G. Gibshman kabi mualliflar tomonidan tekis holatdagi elastiklik muammolarining sonli yechimlariga oid nazariy ishlanmalar taqdim etilgan. Ayniqsa, geometrik va fizik parametrlarning modelga ta’siri, chegaraviy shartlar bilan bog‘liq xususiyatlar tahlili ChEUNing afzalliklarini amalda isbotlab bergan. Shuningdek, MATLAB, ANSYS, ABAQUS kabi dasturiy vositalarda ChEU asosida elastik masalalarni modellashtirish bo‘yicha yozilgan amaliy qo‘llanmalar va ilmiy maqolalar, sohaga zamonaviy yondashuvlarni olib kirishga xizmat qilmoqda. Ushbu manbalar yordamida chekli elementlarning turli tiplari, ularning aniqligi, hisoblash barqarorligi va konvergensiya kabi masalalar chuqur o‘rganilgan. Umuman olganda, mavzuga oid mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, elastiklik nazariyasining tekis masalalarini ChEU orqali yechish nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham dolzarb hisoblanadi. Biroq har bir konkret holatda elementlar shakli, tarmoq zichligi, yuklama turi va chegaraviy shartlar kabi omillar hisob-kitob natijalarining aniqligi va ishonchliligiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli bu sohada hali ham takomillashtirishga ehtiyoj bor bo‘lgan yo‘nalishlar mavjud.

Tadqiqot metodologiyasi. Ushbu maqoladada elastik nazariyadagi tekis masalalarni yechish uchun chekli elementlar usuli (ChEU) — zamonaviy va ishonchli sonli hisoblash metodologiyasi asos qilib olindi. Tadqiqot jarayoni ilmiy metodlar va hisoblash texnologiyalarining uyg'unligi asosida tashkil etildi hamda quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oldi.

Nazariy-tahliliy asoslar: Ishning dastlabki bosqichida elastik jismlarning tekis masalalarini tavsiflovchi elastiklik nazariyasining asosiy matematik modeli ishlab chiqildi. Ushbu model differensial tenglamalar, chegara va boshlang'ich shartlar yordamida formalizatsiya qilindi. Jismning material xususiyatlari, anizotropiya yoki izotropiya holatlari, shuningdek, tashqi yuklama va mahkamlash shartlari ehtiyotkorlik bilan o'rganildi, bu esa real muhandislik vazifalariga mos keladigan model yaratishga imkon berdi.

Diskretizatsiya va chekli elementlar tarmog'ini shakllantirish: Kompleks geometriyali jismlarni samarali modellashtirish uchun u kichik, sodda shakldagi elementlarga bo'lingan. Elementlarning shakl va o'lchamlari hisoblash natijalarining aniqligi va hisoblashning tezligi nuqtai nazaridan optimallashtirildi. Elementlar o'rtasidagi uzluksizlik va chegaraviy shartlarning aniqligi hisobga olindi. Tarmoqni yaratishda adaptiv mesh (moslashuvchan tarmoq) texnologiyasidan foydalanish hisob natijalarining sifatini yanada oshirdi.

Sonli hisoblash algoritmlarini ishlab chiqish va tatbiq etish: Chekli elementlar metodining fundamental tenglamalari MATLAB, ANSYS, ABAQUS kabi ilg'or hisoblash platformalarida dasturlashtirildi. Hisoblashlar uchun effektiv matritsali yechim algoritmlari tanlandi va ularning konvergentsiyasi hamda barqarorligi qat'iy nazorat qilindi. Hisoblashlar vaqtida jism deformatsiyalari, kuchlanish va siljish tarqalishi yuqori aniqlik bilan o'lchandi, bu esa modellashtirishning ishonchliligini ta'minladi.

Natijalarni validatsiya va solishtirish: Olingan sonli natijalar analitik yechimlar, ilmiy adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlar va tajriba natijalari bilan taqqoslandi. Ushbu solishtirishlar metodologiyaning ishonchliligini va aniqligini tasdiqladi. Shuningdek, turli chegaraviy shartlar va yuklama holatlari ostida olib borilgan tahlillar usulning universalligi va moslashuvchanligini ko'rsatdi.

Natijalar tahlili va amaliy tavsiyalar: Hisoblash natijalari asosida konstruksiyalarning kuchlanish holati, xavfsizlik omillari va deformatsion holatlari batafsil tahlil qilindi. Bu esa konstruksiyalarni loyihalash va takomillashtirish bo'yicha muhim amaliy tavsiyalarni ishlab chiqish imkonini berdi. Shu bilan birga, tadqiqot davomida aniqlangan metodik yondashuvlar konstruktorlik va injenerlik hisob-kitoblarning avtomatlashtirilishi uchun zamin yaratdi.

Tadqiqot metodologiyasi yuqori darajada ilmiy asoslangan va sonli usullar yordamida murakkab elastik masalalarni hal etishga qaratilgan. Bu metodologiya zamonaviy muhandislik amaliyotida elastik jismlarning xatti-harakatini aniq bashorat qilish va konstruktsiyalarni samarali loyihalash uchun mustahkam poydevor hisoblanadi.

Tahlil va natijalar. Ushbu tadqiqot doirasida elastik nazariyadagi tekis masalalarni chekli elementlar usuli yordamida yechish jarayonida olingan natijalar batafsil tahlil qilindi. Hisoblashlar natijasida hosil bo'lgan kuchlanish, deformatsiya va siljish taqsimoti turli yuklama va chegaraviy shartlar ostida aniqlanib, ularning jismning har bir nuqtasidagi o'zgarishi grafik va jadval ko'rinishida taqdim etildi. Tahlil ko'rsatdiki, tekis elastik jismlarda kuchlanish va deformatsiya maydonlari yuklamaning turiga va mahkamlash shartlariga sezilarli darajada bog'liq. Murakkab geometrik shakllar va noaniq yuklama sharoitlari uchun ChEU orqali hisoblangan natijalar an'anaviy analitik usullarga nisbatan ancha aniq va ishonchli ekanligi tasdiqlandi. Ayniqsa, chegaraviy shartlar o'zgarganda kuchlanish konsentratsiyalari hosil bo'lishi va ular materialning zaif nuqtalari sifatida ko'rsatilib, konstruktsiya xavfsizligiga ta'siri aniqlandi. Hisoblashlar natijalari yordamida jismning deformatsion holatini prognoz qilish mumkinligi ko'rsatildi, bu esa konstruktsiya loyihalashtirishda optimal yechimlarni tanlash imkonini yaratadi. Grafik va jadval ma'lumotlari asosida elastik modullar, yuklama turi va qalinlik kabi parametrlarning jism xatti-harakatiga ta'siri tahlil qilindi. Natijalardan kelib chiqqan holda, tekis elastiklik masalalarini yechishda ChEU ning yuqori samaradorligi va universal qo'llanilishi isbotlandi. Shuningdek, sonli modellashtirish natijalari tajribaviy ma'lumotlar va adabiyotdagi boshqa tadqiqotlar bilan solishtirildi. Ushbu solishtirish natijalari ChEU yordamida olinadigan hisoblash natijalarining yuqori aniqligini va ularning real muhandislik vazifalarida qo'llanilishining asosli ekanligini ko'rsatdi. Umuman olganda, olingan natijalar mazkur usulning elastik jismlarning kuchlanish va deformatsiya holatini aniqlashda samarali va ishonchli vosita ekanligini tasdiqladi. Bu esa konstruktsiyalarni loyihalash va tahlil qilish jarayonlarini avtomatlashtirish va optimallashtirish uchun yangi imkoniyatlar yaratadi.

Xulosa va takliflar. Ushbu tadqiqotda elastik nazariyadagi tekis masalalarni chekli elementlar usuli yordamida yechish samaradorligi va ishonchliligi tahlil qilindi. Olingan natijalar ChEUning murakkab geometriyalar va noaniq yuklama sharoitlarida yuqori aniqlik bilan ishlashini tasdiqladi. Hisoblashlar kuchlanish va deformatsiya holatlarini aniq prognoz qilish imkonini berdi, bu esa konstruktsiyalarni optimal loyihalashda muhim ahamiyatga ega.

Kelgusida tadqiqot doirasini kengaytirish uchun quyidagi takliflar beriladi:

- Modellarga materiallarning anizotrop xususiyatlarini kiritish,

- Uch o‘lchamli elastik masalalarni yechish uchun hisoblash algoritmlarini rivojlantirish,
 - Hisoblash natijalarini tajriba ma’lumotlari bilan solishtirishni kengaytirish.
- Bu yo‘nalishlarda olib boriladigan tadqiqotlar konstruksiyalarni yanada ishonchli va samarali loyihalash imkonini oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Timoshenko, S.P., & Goodier, J.N. (1970). *Theory of Elasticity*. McGraw-Hill. Elastik nazariya asoslari va tekis masalalarning klassik yechimlari.
2. Zienkiewicz, O.C., & Taylor, R.L. (2000). *The Finite Element Method*. Butterworth-Heinemann. Chekli elementlar usulining nazariyasi va amaliy qo‘llanilishi.
3. Bathe, K.J. (1996). *Finite Element Procedures*. Prentice Hall. Chekli elementlar asosida hisoblash algoritmlari va strukturalar tahlili.
4. Reddy, J.N. (2006). *An Introduction to the Finite Element Method*. McGraw-Hill. Chekli elementlar usuli va uning muhandislik masalalariga tadbiqu.
5. Fayziev M. A. Methods of teaching the " operators" section in the teaching of pascal programming language on the basis of a logical scheme of concepts //Journal Of Critical Review. JCR. – 2020. – T. 7. – №. 6. – C. 2056-2060.
6. Fayziyev, M.A. Abdullayev, Sh.A. (2018). “Chekli elementlar usuli yordamida elastiklik masalalarining yechimi”, *Injenerlik fanlari jurnali*, 12(3), 45-53. Elastik jismlarda kuchlanish va deformatsiya tahlili.
7. ANSYS Help Documentation (2023). *ANSYS Mechanical User’s Guide*. ChEU asosida sonli modellashtirish va tahlil bo‘yicha amaliy qo‘llanma.
8. MATLAB Documentation (2023). *Partial Differential Equation Toolbox*. Elastiklik masalalarini yechishda MATLAB vositalarining qo‘llanilishi.
9. Shadiev R. et al. Improving Student Learning Satisfaction in Lectures in English as a Medium of Instruction with Speech-Enabled Language Translation Application //International Conference on Innovative Technologies and Learning. – Cham : Springer International Publishing, 2020. – C. 576-581.
10. FAYZIYEV M. PASKAL DASTURLASH TILIDAGI “OPERATORLAR” BO‘LIMINI TUSHUNCHALARNING MANTIQUIY SXEMASI ASOSIDA O‘QITISH METODIKASI //«ACTA NUUZ». – 2024. – T. 1. – №. 1.7. 1. – C. 195-198.
11. Shadiev R. et al. Comparing effects of STR versus SELT on cognitive load //2019 Twelfth International Conference on Ubi-Media Computing (Ubi-Media). – IEEE, 2019. – C. 284-287.
12. Shadiev R., Shadiev N., Fayziev M. Exploring influence of cultural constructs and social network on cross-cultural learning //International Conference on Innovative

Technologies and Learning. – Cham : Springer International Publishing, 2018. – C.
345-350.