

Engineering of CAD/CAM/CAE projects.

LECTURE 9. Mathematical foundations of computational continuum mechanics. The Finite Element Method (FEM). Week 9.

CAD/CAM/CAE loyihalarining muhandislik tahlili

9 hafta

Mavzu; Hisoblash mexanikasining matematik asoslari. So'ngi Element usuli (SEU/MKE/FAE).

Reja.

1. KMT ning matematik asoslari
2. Jarayonlarning muhandislik tahlili.
3. Texnologik jarayonlar loyihasini muhandislik tahlili.
4. So'ngi element usuli. Tushunchalar.

1. KMT ning matematik asoslari

Mexanika fundamental ilmiy fan sifatida 3 ta asosiy qismga bo'linishi mumkin:

1. nazariy mexanika
2. amaliy mexanika
3. hisoblash mexanikasi

Mexhanika fannining rivojlanish 4 bosqichi:

1. Kuzatuv mexanikasi
2. Tajriba mexanikasi

3. Nazariy mexanikasi
4. Hisoblash mexanikasi

Nazariy mexanika. Nazariy mexanika mutlaqo qattiq va deformatsiyalanadigan jismlarning mexanik harakatini tavsiflovchi fundamental qonunlar va tamoyillar (prinsiplar) bilan shug'ullanadi.

Amaliy mexanika. Amaliy mexanika nazariy mexanika teoremlari asosida fizik hodisalarning matematik modellarini qurish, ilmiy-tadqiqot va muhandislik muammolarini shakllantirish va hal qilish bilan shug'ullanadi.

Hisoblash mexanika. Hisoblash mexanikasi amalda raqamli hisoblash mashinalarida raqamli usullar yordamida matematik modellashtirish orqali o'ziga xos muammolarni hal qiladi.

Mikromexanika. Mikromexanika asosan hodisalarni kristallar va granularlar darajasida ko'rib chiqadi. Uning asosiy texnologik vazifasi materiallar va mikro jihozlarni loyihalash va ishlab chiqarishdir.

Uzluksiz jismlar mexanikasi. Uzluksiz jismlar mexanikasi makroskopik darajada o'rganadi, bunda bir hil holga keltiriladigan doimiy modellardan foydalanadi.

Qattiq muhit mexanikasini 2 turda bo'ladi:

1. suyuq va qattiq jismlar mexanikasidir;
2. qattiq jismlardan yasalgan tuzilmalar mexanikasi.

Qattiq jismning hisoblash mexanikasi ilmiy-amaliy yondashuvdan foydalanadi, tuzilmalarni (konstruksiyalarni) hisoblash mexanikasi esa tuzilmalarni (tahlil qilish va loyihalashda texnologik qo'llanmalarga e'tibor qaratadi).

Hisoblash mexanikasi. Suyuqliklarning hisoblash mexanikasi suyuqlik va gazlarning muvozanati va harakatini tavsiflovchi vazifalar bilan shug'ullanadi, shu jumladan gidrodina- mika, aerodinamika, atmosfera fizikasiyonish va portlash fizikasi qabi yaxshi rivojlangan sohalardur.

Tizimlar mexanikasi. Tizimlar mexanikasi makroskopik funktsiyalarni ko'rsatadigan tabiiy yoki sun'iy mexanik narsalar bilan shug'ullanadi.

Sun'iy tizimlarga misol:

1. mashinalar, avtomobillar, samolyotlar, mikrochip, robotlar va boshqalar;
2. biologik tizimlar – biomexanika nuqtai nazaridan o'rganiladigan butun hayvonlar yoki daraxtlar.
3. Ijtimoiy tizimlar – guruhlar, korxonalar, jamiyatlar.

Tizimlar eng umumiy tushunchani ifodalaydi, ular parchalanish yo'li bilan o'rganiladi: tizimning alohida komponentlarining xatti-harakati, komponentlar o'rtasidag aloqalar va o'zaro ta'sirlar.

Mexanika raqamli usullari. Hozirda mexanika diskret tizimlar (masalan, novdalardan iborat) va butun tuzilmalarni va ularning elementlari - plitalar, chig'anoqlari, bloklar ni hisoblash usullariga ega.

Diskret tuzilmaning kuchlanish-deformatsiyalangan holatini hisoblash, to'g'ridan-to'g'ri algebraik tenglamalar tizimlarini echishga olib keladi.

Bunga misol - tekis va fazoviy tuzimlarini hisoblashda keng qo'llaniladigan kuchlar va harakatlarning klassik usullari.

Ushbu talablarga javob beradi:

1. cheklangan farqlar usuli (MKR),
2. variatsion-farq usuli (VRM),
3. cheklangan elementlar usuli (MKE).

Bundan tashqari, ushbu usullarning har biri doirasida turli xil vazifalar sinflarini echishda qaratilgan ko'plab yo'nalishlar va modifikatsiyalari ishlab chiqilgan. Hozirgi vaqtda qattiq jismning chiziqli mexanikasida cheklangan elementlar usuli eng keng tarqalgan.

Shu bilan birga ushbu muammolarni hal qilish uchun chegara elementlari usulini qo'llash ikkinchi o'rinda turadi. Chiziqli bo'lmagan muammolar uchun cheklangan element usuli eng samarali va yetakchi hisoblanadi.

Cheklangan elementlar usuli. Cheklangan elementlar usuli atamasi aslida ba'zi umumiy xususiyatlarga muvofiq hisoblash texnologiyaning keng doirasini belgilaydi.

Qidirilayotgan funksiya turiga qarab tuzilmalar mexanikasiga nisbatan MKE tasnifi quyidagicha .

Cheklangan elementlarni tahlili ma'lum qadamlardan iborat.

Ushbu ketma-ketlik CEU/MKE jarayoni ishlatadigan muhitga bog'liq va ikki turda bo'ladi:

1. Matematik yondashuv
2. Jismoniy yondashuv.

Matematik yondashuv. Matematik yondashuv markazida – matematik model, odatda oddiy differentsial tenglama yoki fazoviy koordinatalar va vaqt bo'yicha olingan qisman differentsial tenglamalar.

Diskret cheklangan elementli model har qanday variatsion printsiptni differentsial tenglamalarning asl tizimiga yoki uning zaiflashgan versiyasida to'xtatilgan bog'lanish usuliga qo'llash orqali hosil bo'ladi. Ushbu qadam diskretizatsiya deb ataladi.

Olingan cheklangan elementar tenglamalar tizimi amaliy matematikaning katta algebraik tenglamalar tizimini echish usullaridan biri bilan yechiladi. Natija diskret yoki taxminiy yechim deb ataladi.

Ideal fizik tizim bu holda matematik modelni amalga oshirish sifatida ifodalanishi mumkin, matematik model bu tizimni idealizatsiya qilishdir. Masalan, agar matematik model Poisson tenglamasi bo'lsa, unda uni amalga oshirish elektrostatik zaryadni taqsimlash muammosi yoki issiqlik taqsimoti bo'lishi mumkin.

Boshqacha qilib aytganda, albatta elementar diskretizatsiyani hodisa fizikasiga murojaat qilmasdan ham berish mumkin. Xato yoki xato tushunchasi taxminiy yechim matematik modelga almashtirilganda paydo bo'ladi.

Ushbu almashtirish tekshirish deb ataladi.

Raqamli yondashuvning to'liq xatosi algebraik tenglamalar tizimini yechish xatosi va namuna olish xatosidan iborat.

Taxminiy yechimni ideal jismoniy tizimga almashtirish, ya'ni sinov yoki tajriba o'tkazish, qoida tariqasida, ushbu modellashtirish xatosini baholashi mumkin.

Fizikaviy yondashuv. Diskret modelni olish uchun idealizatsiya va cheklangan elementli namuna olish jarayoni bir vaqtning o'zida amalga oshiriladi. Taxminiy diskret yechim avvalgisiga o'xshash tarzda olinadi.

Ushbu yondashuvdagi ideal matematik model cheklangan o'tish yoki diskret modelning "uzluksizligi" sifatida ifodalanishi mumkin. Uzluksiz maydonlar tomonidan yaxshi modellashtirilgan ba'zi jismoniy tizimlar uchun bu qadam muhim. Ular uchun cheklangan elementli modelni faqat eksperimental o'lchovlar asosida matematik modellarga murojaat qilmasdan qurish mumkin.

Xato yoki xato tushunchasi jismoniy yondashuvda ikkita jarayon tufayli paydo bo'ladi:

1. raqamli echimni tekshirish va
2. modellashtirish natijalarini baholash (ratifikatsiya).

Tekshirish matematik yondashuv bilan bir xil ma'noga ega:

1. raqamli echim diskret modelga almashtiriladi, natijada echim xatosi paydo bo'ladi.

Taxminiy yechimni ideal matematik modelga almashtirish, asosan, namuna olish xatosini keltirib chiqarishi mumkin.

Matematik va fizik yondashuv. CEU/MKEga matematik va fizikaviy yondashuvlar bir-birini istisno qilmaydi, balki bir-birini to'ldiradi. Jismoniy yondashuv samolyotlar, kemalar va boshqalar kabi juda murakkab muhandislik tizimlarining cheklangan elementar modellarini ishlab chiqishda birinchi bo'lgan.

Matematik yondashuv keyinchalik paydo bo'lgan va boshqa narsalar qatorida, usulni umume'tirof etilgan kuch-quvvat tahlili doirasidan tashqarida bo'lgan turli xil fanlararo muammolarni hal qilish uchun CEU/MKE ga zarur nazariy asosni ta'minlagan.

Xulosa

1. Mashinasozlik mahsulotlarini loyihalashda muhandislik tahlilning avtomatlashtirilgan tizimlari qo'llaniladi.

2. Muhandislik tahlil dasturlarini shartli 4ta asosiy guruhlarga ajratish mumkin:

- a) Dasturiy ta'minot dizayn tizimlari
- b) Universal tahlil dasturlari
- c) Ixtisoslashtirilgan tahlil dasturlari
- d) Boshqaruv tizimlarini tahlil qilish dasturlari.

3. CAE - Computer-aided engineering fanini o'zlashtirish uchun mashinasozlik mahsulotlarni CAD Dasturlari va Dasturiy tizimlarini bilish va amaliy foydalanish yuqori darajada bo'lmog'i darkor.

I. Mexanika fundamental ilmiy fan sifatida 3 ta asosiy qismga bo'linishi mumkin:

- a) nazariy mexanika,
- b) amaliy mexanika
- c) hisoblash mexanikasi

II. Mexhanika fannining rivojlanish 4 bosqichi:

1. Kuzatuv mexanikasi
2. Tajriba mexanikasi
3. Nazariy mexanikasi
4. Hisoblash mexanikasi
5. Amaliy mexanika nazariy mexanika teoremlari asosida fizik hodisalarning matematik modellarini qurish, ilmiy-tadqiqot va muhandislik muammolarini shakllantirish va hal qilish bilan shug'ullanadi.
6. Hisoblash mexanikasi amalda raqamli hisoblash mashinalarida raqamli usullar yordamida matematik modellashtirish orqali o'ziga xos muammolarni hal qiladi.
7. Tizimlar mexanikasi makroskopik funktsiyalarni ko'rsatadigan tabiiy yoki sun'iy mexanik narsalar bilan shug'ullanadi.

Nazorat savollar

1. Muhandislik Tahlil Maqsadlari Va Vazifalari nimalardan iborat?
2. Avtomatlashtirilgan Muhandislik Tahlil Tizimlarining guruhi nimalardan iborat?
3. CAE dasturlarining xarakterli xususiyatlari?
4. CAE avtomatlashtirilgan muhandislik tahlil tizimlariga misollar keltiring.
5. KMT ning matematik tamoyillari nimaga asoslangan?
6. CEU/MKE kaysi tamoyillar asosida tuzilgan?
7. ANSYS va Kompas 3D dasturlarida muhandislik tahlil qismlari mavjudmi va nimalardan iborat?
8. Dasturiy ta'minot dizayn tizimlari afzalliklari nimada?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Singh Y.N. Mathematical Foundation of Computer Science. New Delhi: NEW AGE International (P) Limited, PUBLISHERS, 393 pgs.
2. Schwarz Keith Mathematical Foundations of Computing. Preliminary Course Notes. Stanford University, Fall 2015.
3. Каримов И.Т. Общие понятия и классификация задач вычислительной техники. ЭУК «Строительная механика»
<https://stroitmeh.ru/lect65.htm>
4. Почепский О. CAE-система: что за технология, для чего предназначены CAE программы. <https://www.cleverence.ru/articles/>