

Week 9

9 hafta

Engineering of CAD/CAM/CAE projects

CAD/CAM/CAE loyihalarning muhandislik tahlili

Mathematical Foundations of
computational continuum mechanics.
The Finite Element Method (FEM)

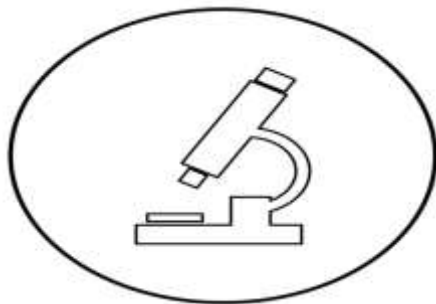
**Husoblash mexanikasining
matematik asoslari. So'ngi
element Usuli (SEU/MKE/FEM)**

Teshabaev Anvar E.

Contents

- 1 **Hisoblash mexanikaning matematik asoslari**
- 2 **Mexanika fani tarkibi**
- 3 **Raqamli mexanika usul va dastaklari**
- 4 **Cheklangan Element Usuli (CEU/MKE/FEM)**

Ilmiy-amaliy tadqiqot usullari



Kuzatuv



Eksperiment

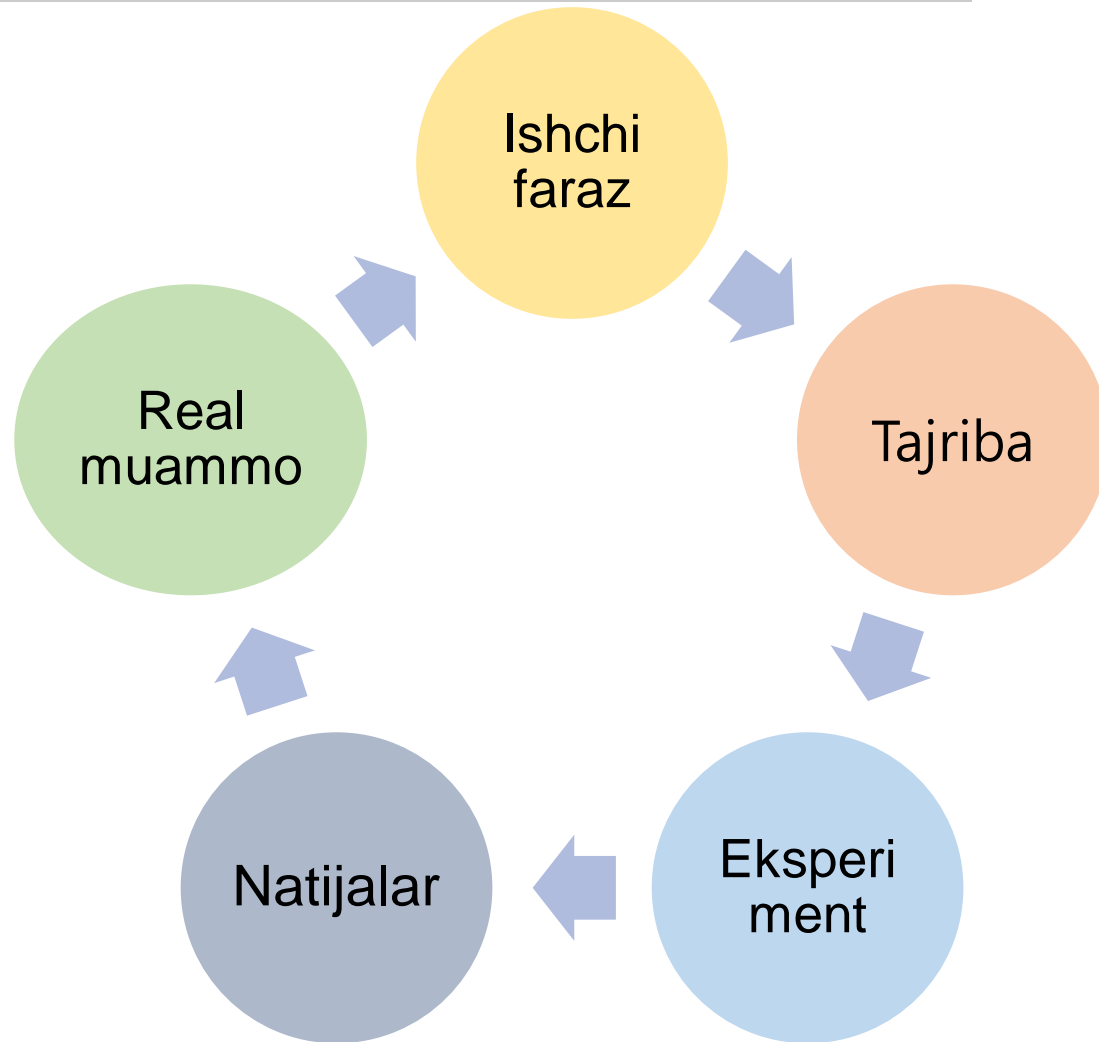


Nazariy

$$\begin{array}{l} 2 > -3 \\ 0.999... = 1 \\ \pi \approx 3.14 \\ \sqrt{2} \\ 5(2+2) \\ 101_2 = 5_{10} \end{array}$$

Hisoblash

Ilmiy uslubiy jarayon



Ilmiy Mexanika

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

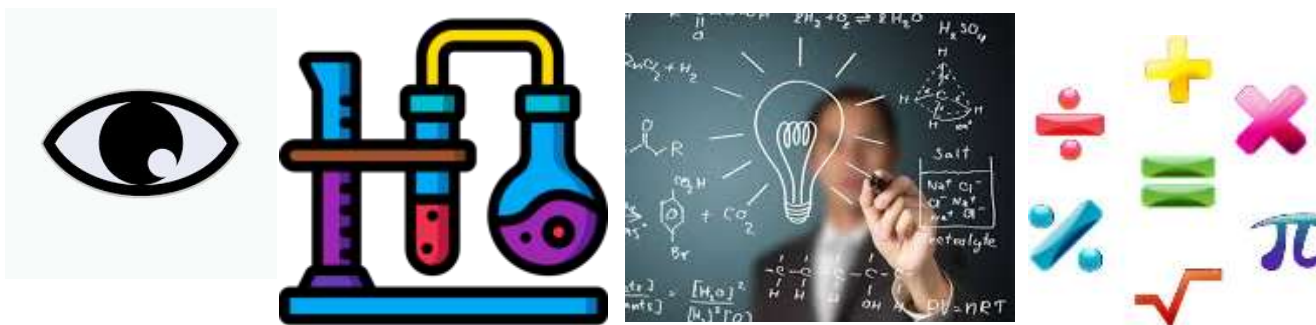
1. nazariy mexanika
2. amaliy mexanika
3. hisoblash mexanikasi

Mexanika rivojlanishi

Mexhanika fannining rivojlanishining

4 bosqichi:

1. Kuzatuv mexanikasi
2. Tajriba mexanikasi
3. Nazariy mexanikasi
4. Hisoblash mexanikasi



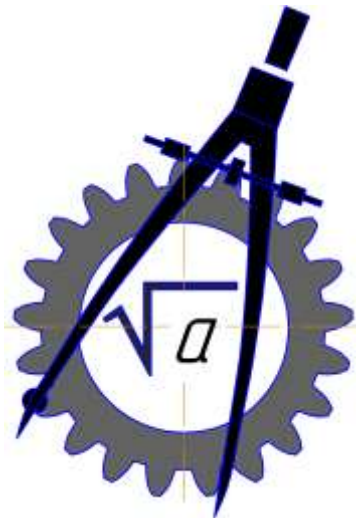
Nazariy mexanika

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 hodisalarni ng 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.

$$\begin{array}{c} 2 > -3 \\ 0.999\dots = 1 \\ \pi \approx 3.14 \\ \sqrt{2} \\ 5^{2 \cdot 3} \\ 5^{(2+2)} \\ 101_2 = 5_{10} \end{array} \quad \begin{array}{c} + \\ - \\ \times \\ \div \end{array}$$

Hisoblash mexanika

Hisoblash mexanikasini qo'llash sohalari hal qilinadigan vazifalarning fizik miqyosiga qarab ajratilishi mumkin.



Mikromexanika

Mikromexanika asosan hodisalarni kristallar va granulalar 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:

1. gidrodinamika,
 2. aerodinamika,
 3. atmosfera fizikasi,
 4. yonish va portlash fizikasi
- qabi yaxshi rivojlangan sohalardur.

Tizimlar mexanikasi

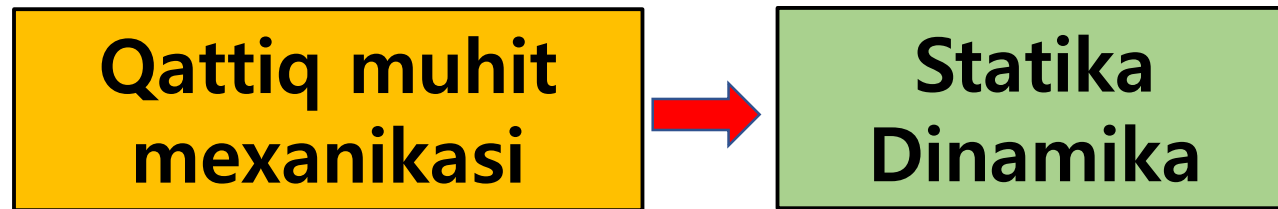
Tizimlar mexanikasi makroskopik funktsiyalarni ko'rsatadigan tabiiy yoki sun'iy mexanik narsalar bilan shug'ullanadi. Sun'iy tizimlarga misol:

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'rta sidag aloqalar va o'zaro ta'sirlar.

Statik va dinamika mexanika

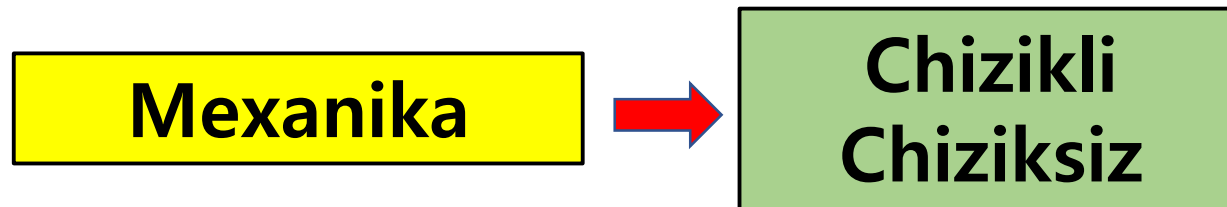
Qattiq muhit mexanikasining vazifalari inertsiya effekti hisobga olinganligi yoki yo'qligiga qarab tasniflanadi:



Vaqtga bog'liqlik dinamikaga mos, chunki inersiya kuchlari (shuningdek, damping kuchlari ham) vaqt hosilalarini hisoblashni talab qiladi.

Chiziqlilik va chiziqsizlik

Mexanikaning vazifalari chiziqli va chiziqli bo'lmaganlarga ham bo'linishi mumkin.



Chiziqli mexanika – bu tizimning sabab-oqibat ma'nosida javobi chiziqli bo'lgan muammolar bilan shug'ullanadi. Masalan, agar qo'llaniladigan tashqi kuchlar ikki baravar ko'paysa, natijada paydo bo'ladigan harakatlar va ichki stresslar ham ikki baravar ko'payadi. Aksincha, vazifalar chiziqli bo'lmagan deb tasniflanadi.

Mexanika raqamli usullari

Hozirda mexanika diskret tizimlar (masalan, novdalardan iborat) va butun tuzilmalarni va ularning elementlari - plitalar, chig'anoqlari, bloklarni 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.

Mexanika raqamli usullari

Hozirda mexanika diskret tizimlar (masalan, novdalardan iborat) va butun tuzilmalarni va ularning elementlari - plitalar, chig'anoqlari, bloklarni 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.

Mexanika raqamli usullari

Butun tuzimlarni hisoblash uchun yanada murakkab matematik modellar va shunga mos ravishda raqamli usullar qo'llaniladi.

Shunday qilib, butun muhit mexanikasidagi geometrik va fizik miqdorlar o'rtasidagi asosiy bog'liqliklar cheksiz kichik element yordamida olinadi.

Shunday qilib, differentsial, integral yoki integral-differentsial tenglamalar paydo bo'ladi, ular chegara va boshlang'ich shartlar bilan birgalikda tegishli muammoning matematik modelini hosil qiladi.

Mexanika raqamli usullari

Amaliy muammolarni analitik shaklda aniq hal qilish juda kam hollarda mumkin, shuning uchun ularni hal qilishning taxminiy, ammo juda umumiy usullari ayniqsa muhimdir.

So'nggi yillarda zamonaviy hisoblash vositalaridan foydalanish tufayli raqamli deb ataladigan ushbu usullar muhandislik amaliyotida faol rivojlandi.

Hozirgi vaqtda turli xil taxminiy usullar ma'lum. Bunday holda, differentsial va integral tenglamalar ni, variatsion muammolarni hal qilish uchun turli xil usullar qo'llaniladi.

Mexanika raqamli usullari

Raqamli usulni baholashda asosiy e'tiborni qaratilish kerak:

1. universallik,
2. yaqinlashishning aniqligi,
3. algoritmning soddaligi,
4. hisoblash hajmi va boshqalar kabi fazilatlarga.

Hisob-kitoblarni amalga oshirish uchun yaxshi natija yaqinlashishga ega va turli xil vazifalarda sinab ko'rilgan ishonchli usullarni tanlash kerak

Mexanika raqamli usullari

Ushbu talablarga javob beradi:

1. cheklangan farqlar usuli (CFU/MKR),
2. variatsion-farq usuli (VFU/VRM),
3. cheklangan elementlar usuli (CEU/MKE/FEM).

Bundan tashqari, ushbu usullarning har biri doirasida turli xil vazifalar sinflarini yechishda qaratilgan ko'plab yo'nalishlar va modifikatsiyalari ishlab chiqilgan.

Mexanika raqamli usullari

Hozirgi vaqtda qattiq jismning chiziqli mexanikasida cheklangan elementlar usuli (CEU/MKE/FEM) eng keng tarqalgan.

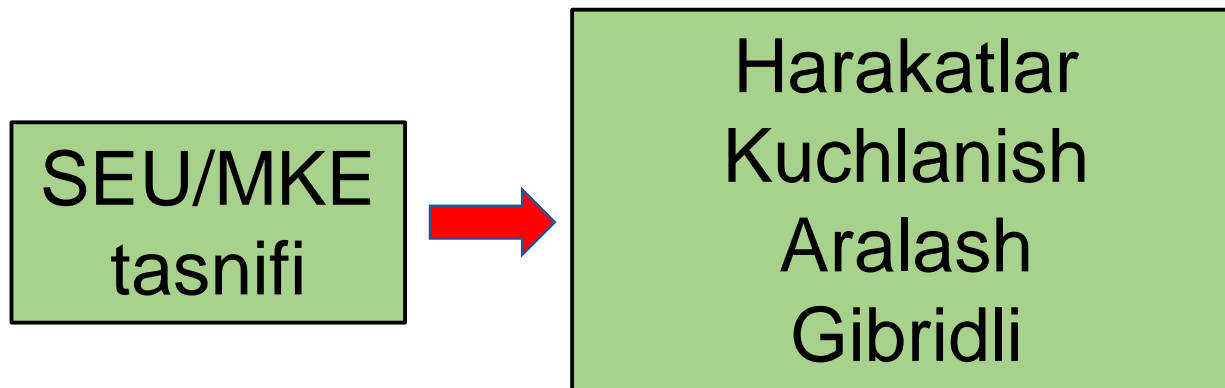
Shu bilan birga ushbu muammolarni hal qilish uchun chegara elementlari usulini qo'llash 2-I o'rinda turadi.

Chiziqli bo'lmagan muammolar uchun cheklangan element usuli eng samarali va y etakchi hisoblanadi (1-I o'rinda).

Cheklangan elementlar usuli

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

Qidirilayotgan funktsiya turiga qarab tuzilmalar mexanikasiga nisbatan MKE tasnifi quyidagicha .

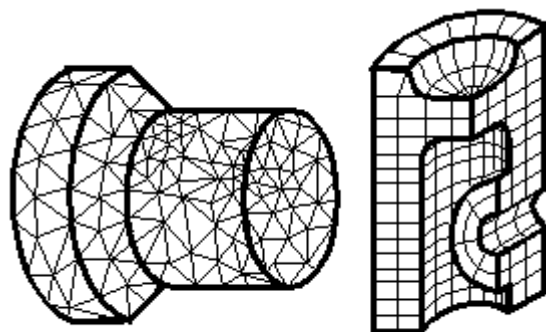


CEU/MKE jarayoni

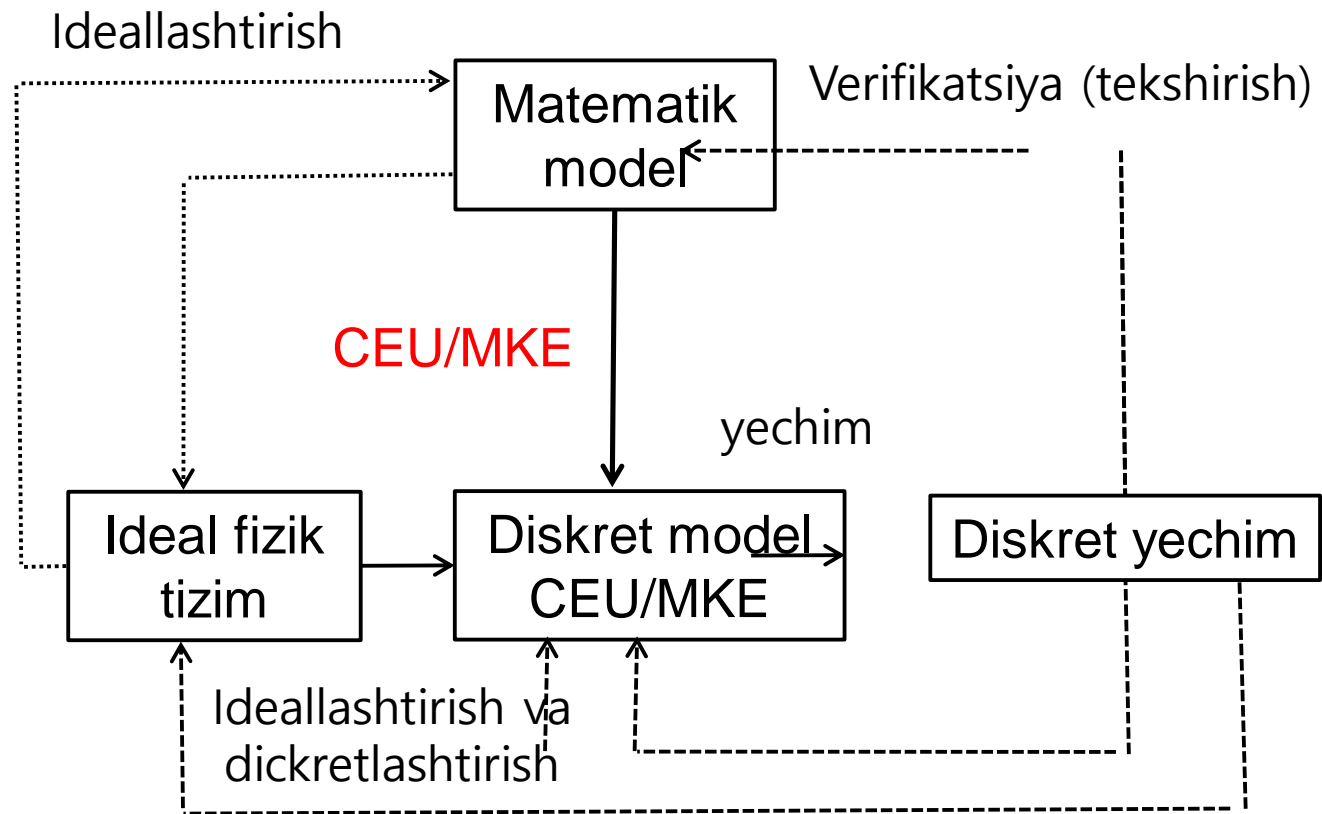
Cheklangan elementlarni tahlili ma'lum qadamlardan iborat.

Ushbu ketma-ketlik CEU/MKE jarayoni va ikki turda bo'ladi:

1. Matematik yondashuv
2. Jismoniy yondashuv.



CEU/MKE jarayoni



Каримов И.Т. Общие понятия и классификация задач вычислительной механики. ЭУК «Строительная механика»
<https://stroitmeh.ru/lect65.htm>

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 printsipni 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.

Matematik yondashuv

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.

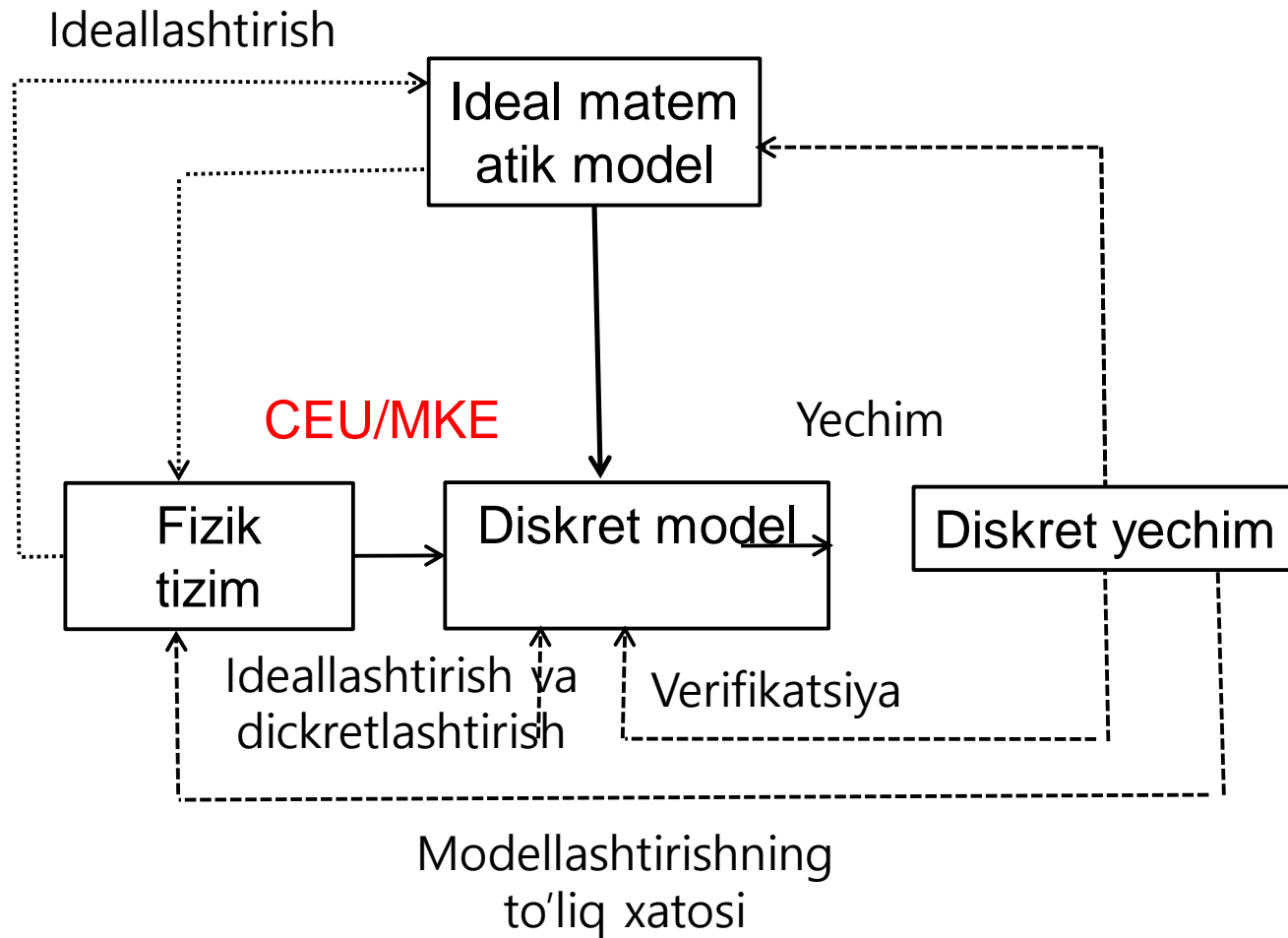
Matematik yondashuv

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.

CEU/MKE jarayoni



Каримов И.Т. Общие понятия и классификация.

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.

Fizikaviy yondashuv

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

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

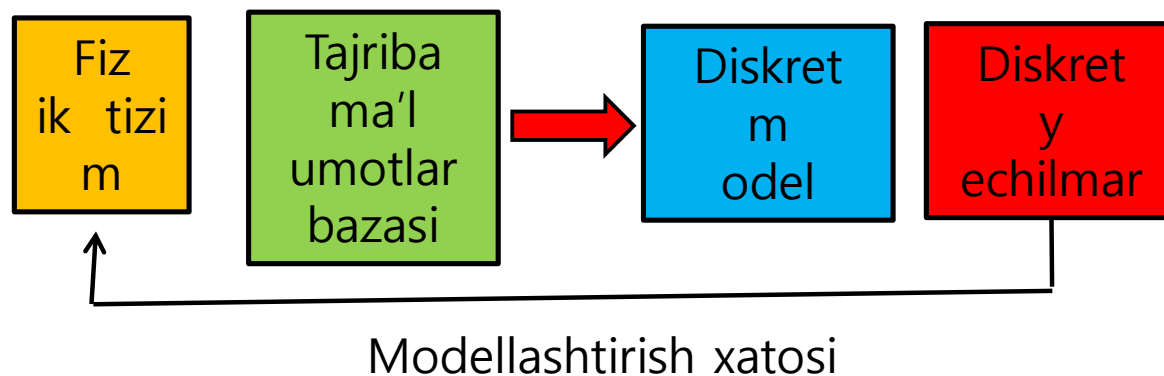
Tekshirish matematik yondashuv bilan bir xil ma'noga ega:

1. raqamli echim diskret modelga almashtiriladi, n atijada
2. echim xatosi paydo bo'ladi.

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

Diskret modelni sozlash

Jismoniy tizimga yaxshiroq mos kelishi uchun diskret modelni sozlash usullaridan biri modelni takomillashtirish qo'llaniladi.



Каримов И.Т. Общие понятия и классификация задач вычислительной механики. ЭУК «Строительная механика»
<https://stroitmeh.ru/lect65.htm>

Matematik-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

- 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

Xulosa

- III. Amaliy mexanika nazariy mexanika teoremlari asosida fizik hodisalarning matematik modellarini qurish, ilmiy-tadqiqot va muhandislik muammolarini shakllantirish va hal qilish bilan shug'ullanadi.
- IV. Hisoblash mexanikasi amalda raqamli hisoblash mashinalarida raqamli usullar yordamida matematik modellashtirish orqali o'ziga xos muammolarni hal qiladi.
- V. Tizimlar mexanikasi makroskopik funktsiyalarni ko'rsatadigan tabiiy yoki sun'iy mexanik narsalar bilan shug'ullanadi.

Xulosa

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

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

- 1) Dasturiy ta'minot dizayn tizimlari
- 2) Universal tahlil dasturlari
- 3) Ixtisoslashtirilgan tahlil dasturlari
- 4) Boshqaruv tizimlarini tahlil qilish dasturlari.

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/>

Qayta aloqa uchun

**Savollar,
qo'shimchalar,
e'tirozlar,
takliflar?**

Qayta aloqa uchun

Murojat uchun:

**Farg'ona politexnika instituti,
Mashinasozlik texnologiyalari
va avtomatlashtirish kafedrası,
t.f.n., dotsent –**

Teshabayev Anvar Ergashevich

e-mail: ateshabaev1958@gmail.com

Phone: +998 93 252 -6488



E'tiboringiz uchun rahmat!

- 
- Please leave this place empty.