

Week 11
11 hafta

Engineering of CAD/CAM/CAE projects

**CAD/CAM/CAE loyihalarning muhandislik
tahlili**

**The Main CAE systems for FEM
analysis**

CEU uchun Asosiy KMT Tizimlari

Teshabaev Anvar E.

Contents

- 1 CET ni joriy etish va boshqarish
- 2 CET ning afzalliklari va cheklovlari
- 3 CEU avtomobilsozlikda misollar
- 4 CEU turlari va KMT dasturlari

Cheklangan elementlar tahlili

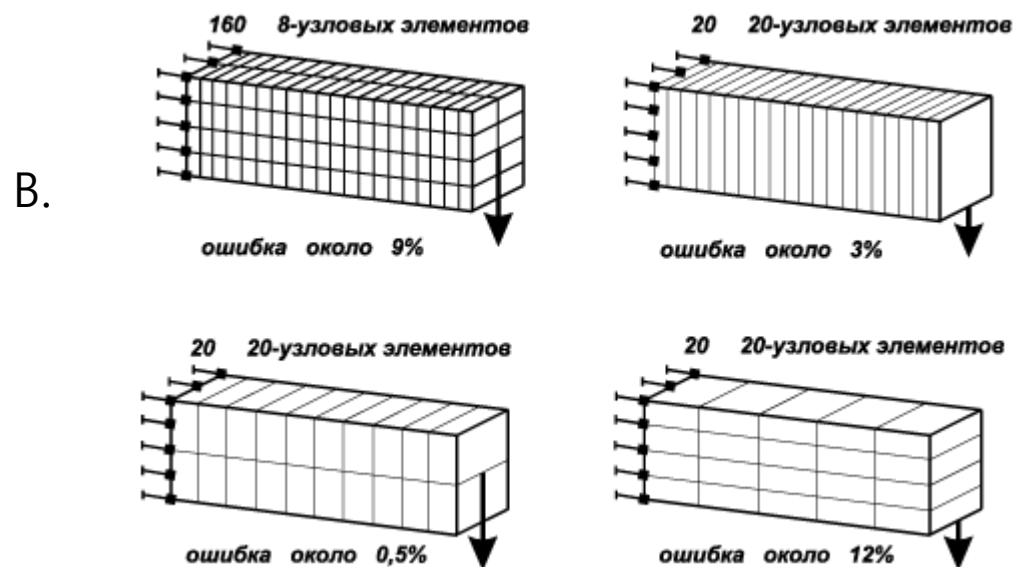
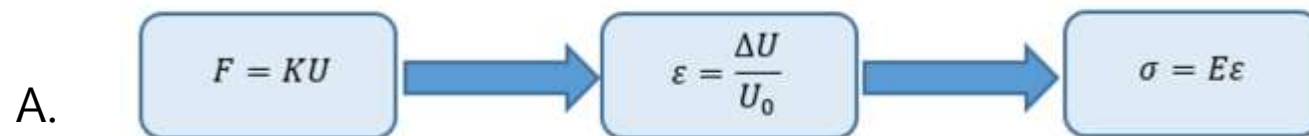
Cheklangan Elementlar Tahlili (CET/FEA) KMTning bir turi va CEU/FEM Cheklangan Elementlar Usuli asosida simulyatsiyagan fizik hodisani o'rganish uchun ishlatiladi.

CEU/FEM - bu differentsial tenglamalar bilan ifodalangan murakkab strukturaviy muhandislik muammolarini hal qilish uchun matematik modellardan foydalanadigan raqamli usul.

Loyihalashda Chekli Elementlar Tahlilidan foydalaniladi. Haqiqiy tajribalar uchun prototiplar yaratish o'rniga, Cheklangan Elementlarni Tahlil qilish dasturiga murojat qilinadi.

Cheklangan elementlar tahlili

Birinchi bosqichda CETni qo'llash mahsulot ishlab chiqarish va tez yetkazish uchun qismlarni optimallashtirishga yordam beradi.



Manba: Сходимость МКЭ. https://scadsoft.com/help/SCAD/Theory/ru/Theory1049_rtf/Convergence_of_FEM.htm

CEU/MKE/FEM

Cheklangan elementlar usuli amalga oshiriladigan har qanday dasturi uchun ish tartibi:

1. 3D qismli modelni yaratish (CAD geometriyasi).
2. Hisoblashda foydalanish uchun 3D modelni idealizatsiya qilish va soddalashtirish. (Simplified)
3. Matematik modelni yaratish.
4. Matematik model quyidagilarni o'z ichiga oladi:
 - a) tahlil turi vazifasi (turli xil vazifalar turli xil matematik yondashuvlarni talab qilishi mumkin);
 - b) moddiy xususiyatlarni belgilash;
 - c) mahkamlash vazifasi;
 - d) yuklanish vazifasi.

Manba: Введение в метод конечных элементов. <https://dipro.ru/vvedenie-v-metod-konechnykh-elementov/>

CET dasturlariga talablar

Cheklangan elementlarni tahlil qilishga kompyuter dasturiy ta'minoti yordam beradi.

Ammo yaxshi CAE dasturlarini qanday aniqlash mumkin?

CAE dasturi o'z toifasida ko'rib chiqilishi uchun quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1. Foydalanuvchilarga grafik foydalanuvchi interfeysi (GUI) orqali simulyatsiyalar yaratishga imkon berish.
2. Moslashtirilgan o'zgaruvchilarga ega bo'lgan holda simulyatsiya ichidagi komponentlarni sinab ko'rish;
3. Jarayonlarni optimallashtirish va mahsulotni ishlab chiqishda yordam.

Manba: Gigante Michael. Finite Element Analysis: What Is It and How Does It Work? <https://www.g2.com/articles/finite-element-analysis/>

KMT dastaklari/asboblari

1. Loyihalash moduli
2. Struktaviy mexanika moduli
3. Chiziqli bo'lmagan strukturaviy material moduli
4. Multifizik effektlar
5. Issiqlik o'tkazish moduli
6. SDH/CFD moduli
7. Akustika moduli

Manba: Our CAE Tools. <https://www.caeaid.com/our-cae-tools.html>

CET yechish masalalari

1. aniq dinamika,
2. chiziqli bukilish,
3. suyuqlik oqimi (SDH/CFD),
4. termal buzilish ,
5. harmonik javob.



CET dasturlarini tanlash

CAD va CET dasturlari quyidagi talablarni qondirishi kerak.

CAD tizimi:

1. 100% murakkab geometriyani yaratish,
2. CAD va CET ga xos talablar,
3. ikkita geometriya o'rtasida o'tish,
4. CET bilan yaqin integratsiyalashish.

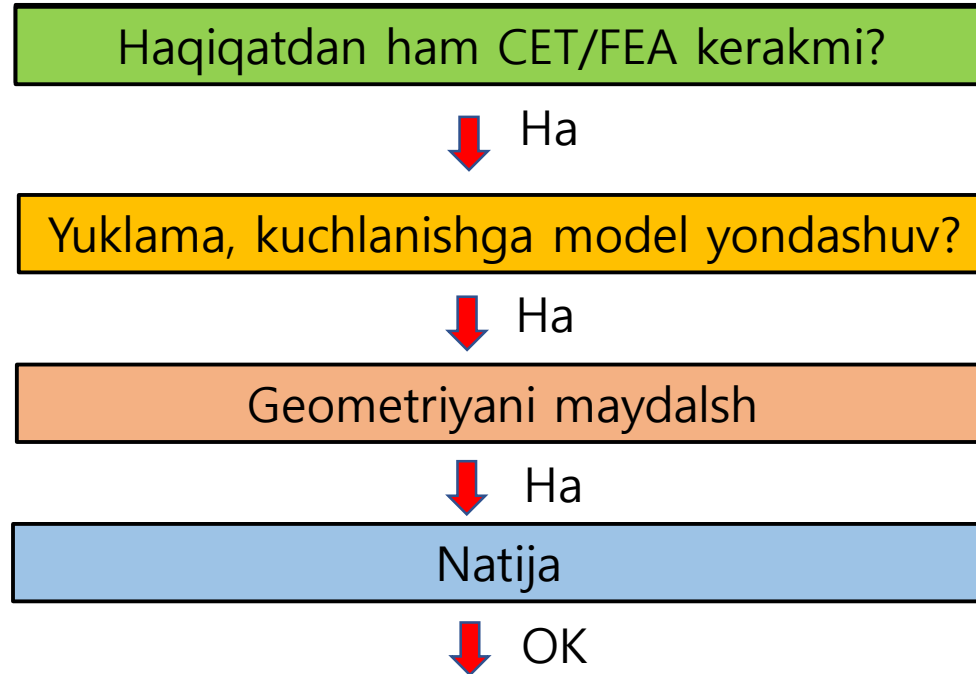
CET tizimi:

1. tegishli CAD ishlab chiqarilgan geometriyani bo'lish,
2. foydalanuvchi aralashuvini talab qilmaslik,
3. cheklangan elementlarni geometriyaga aniq mosligi,
4. Optimallashtirishni taklif etish,
5. CAD bilan yaqin integratsiyani taklif etish.

Manba: Kurowski P.M. Teaching Finite Element Analysis for Design Engineers. https://www.researchgate.net/publication/228874904_Teaching_Finite_Element_Analysis_for_Design_Engineers.

CET: joriy etish va boshqarish

"Loyihalashda CET" ning muhim qismi - bu CET/FEA ni amalga oshirish va uning loyihalarini boshqarish:



Manba: Kurowski P.M. Teaching Finite Element Analysis for Design Engineers. https://www.researchgate.net/publication/228874904_Teaching_Finite_Element_Analysis_for_Design_Engineers.

CETni qo'llash jihatlari

Loyihalash jarayonida CETni qo'llashda e'tiborga olish kerak bo'lgan ba'zi jihatlari:

- Talab qilinadigan tahlil turi aniq belgilanishi kerak, bu statik yoki dinamik bo'lishi mumkin.
- Model CET optimallashtirilgan bo'lishi kerak. Kuchli mahsus modulli CAD dasturi kerak, chunki CAD modelining barcha ma'lumotlari mavjud.
- Ba'zi hisob-kitoblarni qo'lda bajarish kerak bo'ladi - bu CET natijalarini tasdiqlashning yagona yo'li.
- Ushbu tekshirishlarni onlayn amalga oshirish uchun muhandislar uchun veb-saytlar mavjud.

CEU ning afzalliklari

- Tahlil va simulasya prototipi sinov sifatida vaqt va pul tejash imkonini beradi.
- Mahsulot va ishlab chiqarish birgalikda aniq amalga oshiriladi, resurslar tejaladi va tannarx pasayadi.
- Muammolarni oldindan aniqlash va bartaraf etish tufayli kafolat ta'sir qilish kamayadi.
- Dizayn jarayonidagi xatolarni kamaytiradi va ishlab chiqarish jarayonini osonlashtiradi.
- Mahsulot oson vizualizatsiyani yaxshilaydi.

Manba: Anju S. A comprehensive Guide to CAE Engineering Services in India. [https://www.sphinxworldbiz.com.\(a-comprehensive-guide-to-cae-engineering-services-in-india](https://www.sphinxworldbiz.com.(a-comprehensive-guide-to-cae-engineering-services-in-india).

CET ko'shimchalari

1. Kengaytirilgan CEU: bu usul uzilishlar bo'lgan tizimlarni, masalan, sinishlarni tahlil qilishda foydalidir; masalan, uning tarkibiy qismlaridan birida yoriq yoki boshqa nuqson bo'lsa, tizim o'zini qanday tutadi.
2. Umumlashtirilgan CEU: an'anaviy meshga asoslangan CEU ni yanada rivojlangan "meshsiz" usullar bilan birlashtiradi.
3. Aralash CEU: harakatlanuvchi qismlar orasidagi aloqa bilan bog'liq muammolar uchun foydalidir.
4. hp-CEU: tizimdagi ba'zi elementlar yanada bo'linganda ishlatiladi (mashni tozalash deb ataladigan jarayonda) va har bir elementning polinom tenglamalari turli xil tartiblarga ega
5. Uzluksiz Galerkin CEU: komponentlar egilishi yoki egilishi mumkin bo'lgan tizimlarni tahlil qilish uchun ishlatiladi.

Manba: An Introduction to Finite Element Modeling <https://blog.spatial.com/finite-element-modeling>

CEUdan foydalanish tajribasi

KMT xizmatlari Solid Edge Simulation, FEMAP va NX dasturiy ta'minotda 12,5 mln foydalanuvchida amalga oshiriladi, ular oldingi va keyingi ishlov berishda:

1. CEU - Cheklangan Elementlar Tahlili qilishning uzluksiz usulini ta'minlaydi,
2. chiziqli va chiziqli bo'lmagan stressni tahlil qilish, termal va dinamik simulyatsiya tahlil hamda tizim darajadagi simulyatsiyada ishlatiladi.

CEU samaradorlik, resurslar, kuch, vaqt va pulni maksimal tejash, mahsulot dizaynidan eng yaxshisini tanlash maqsadi bilan amalga oshiriladi.

Manba: Anju S. A comprehensive Guide to CAE Engineering Services in India. [https://www.sphinxworldbiz.com.\(a-comprehensive-guide-to-cae-engineering-services-in-india](https://www.sphinxworldbiz.com.(a-comprehensive-guide-to-cae-engineering-services-in-india).

CEU loyihalash jarayonida

Loyiha yechimlari to'g'riligi sinab ko'rish bilan tekshiriladi:

1. Muammo aniqlash, yaxshi vizualizatsiya qilish CAD dasturi yordamida detal modellashtiriladi, bu modul CEU tahlilini ham bajaradi hamda SDH/CFD - Suyukliklar Dinamikasi Hisobi bilan ishlaydi.
2. Shuning uchun loyihalashning oldingi bosqichlarida tayyor langan modellar yechimi sinab ko'rish uchun ishlatilishi mumkin. Agar kerak bo'lsa, ma'lumotlar va sinov natijalari asosida qismlarni qayta loyihalash amalga oshiriladi.
3. Modellarini boshqa simulyatsiya dasturiga eksport qilish ham mumkin. Maxsus dasturiy ta'minot aniqroq natijalar beradi va ko'proq funktsiyalarga ega, bunday optimallashtirish katta partiyali ishlab chiqarish uchun zarur.

Manba: Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools <https://fractory.com/finite-element-analysis-software>

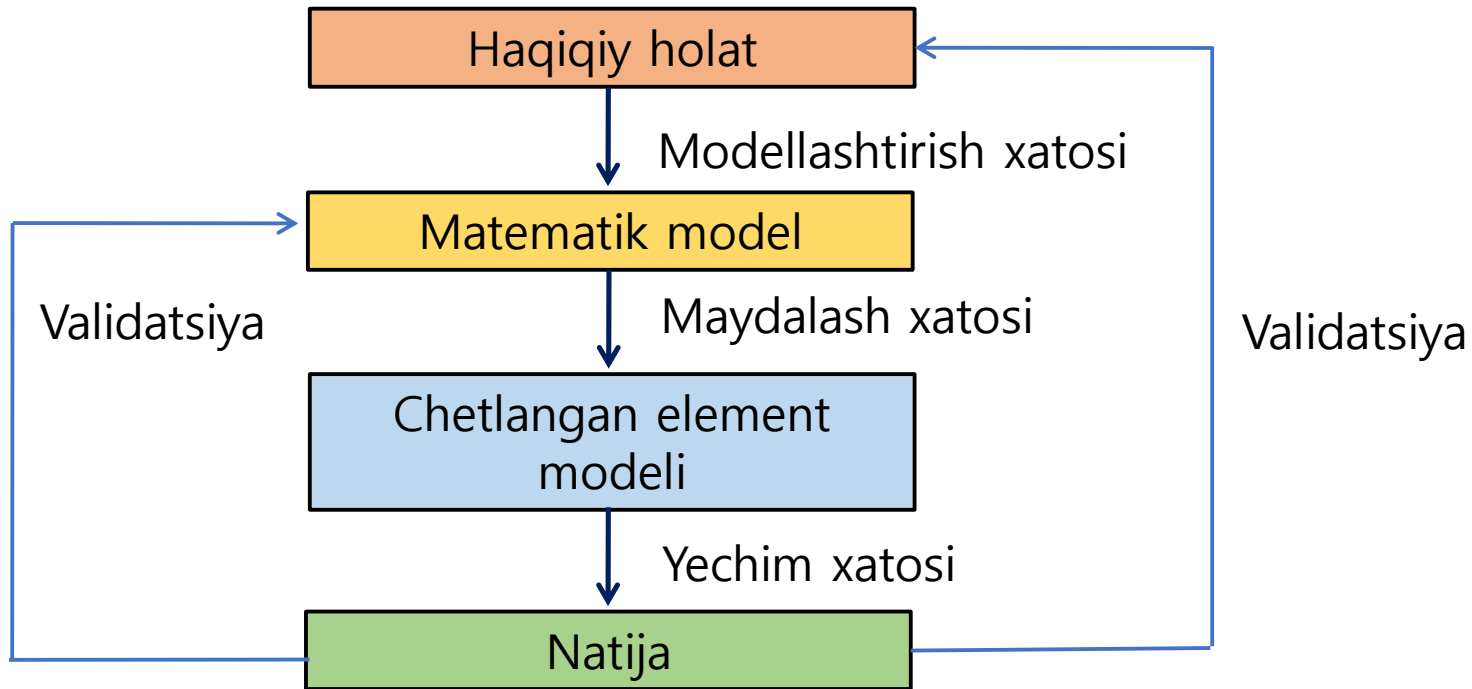
CET natijalarni Verifikatsiya va Validatsiya

FEA bilan loyiha tahlilida qo'llaniladigan Verifikatsiya (Tekshirish) va Validation (Tasdiqlash) quyidagicha bajariladi:

- Tekshirish matematik modelning diskretlashtirilganligini va to'g'ri echilganligini tekshiradi.
- Tasdiqlash yechim natijalari haqiqatni to'g'ri ifodalashini aniqlaydi. Natijalar tahlil qilingan tizimning hayotiy xatti-harakatlarini to'g'ri tavsiflashini tekshiradi.

Manba: Introduction to Finite Element Method <https://fractory.com/finite-element-analysis>.

CET natijalarni Verifikatsiya va Validatsiya



Manba: Introduction to Finite Element Method <https://fractory.com/finite-element-analysis>.

CEU avtomobil ilovalarida

Avtomobil va tarkibiy qismlarida tebranish larni, qismlarning chidamliligini va halokatda odamlar xavfsizligini ta'minlash muhimdir.

NVH (ya'ni Shovqin, Tebranish va Qattqlik) va nosozliklarni simulyatsiya qilish, statik va dinamik tahlillar mahsulotning ishlashini tasdiqlash va optimallashtirishning bir qismidir.

CEU avtomobil ilovalarida

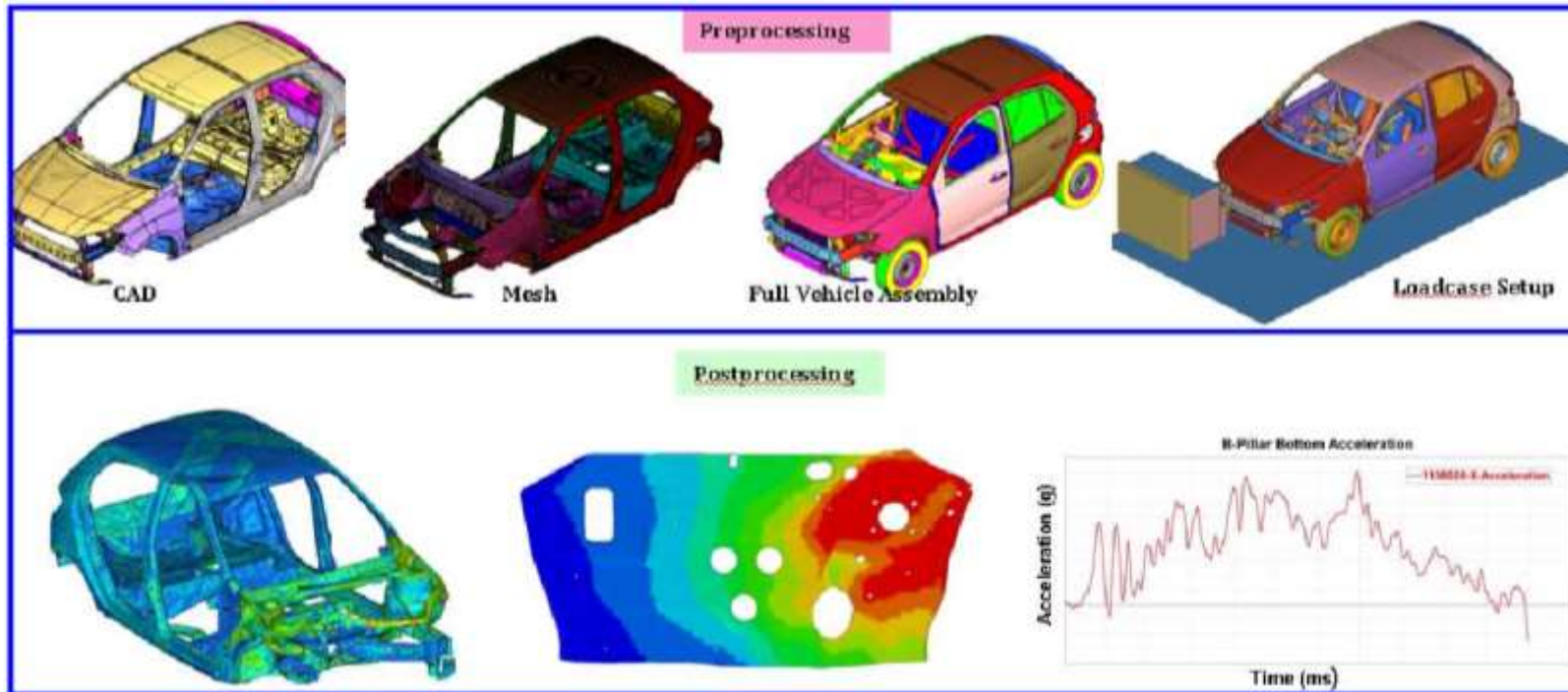
Mexanik simulyatsiyaning avtomobilsozlik sanoatiga ta'siri aniq:

1. Turli xil materiallar va tarkibiy qismlar yengilroq bo'ladimi va teng yoki yuqori xavfsizlikni kafolati aydimi?
2. Gost R 52231-2004 standartiga muvofiq, avtomobilning shovqin darajasi 96 DBA oshmasligi kerak (Yevropada - 56 DBA). Dvigatel talabdan ortiq ta'sir qiladigan shovqin hosil qiladimi?
3. Termal charchoqqa duchor bo'lgan komponentlar yorilib ketadimi?

Manba: CAE Tools Used in Automotive Industry. <https://www.uralconcept.com/post/cae-tools-used-in-automotive-industry>.

CEU /MKE/ FEM Jarayoni

CAD – Maydalab aralashtirish – Yigish – Chegaraviy sharoitlar –
– Hisoblash – Tahlil qilish/O'zgartirish – Sinovlar



Manba: <https://www.semanticscholar.org/paper/CAE-Process-Automation-Crash-Simulation-Joshi/1>.

Avtomobilsozlikda CEU kelajagi

Avtomobilni Shamol Tuneli (SHT) va SDH usulida sinov o'tkasib solishtirsak, SHT (WT) va SDH / CFD natijalari ham avtomobilning orqa qismida - 150 mm masofada yuqori oqim burilishini ko'rsatdi.

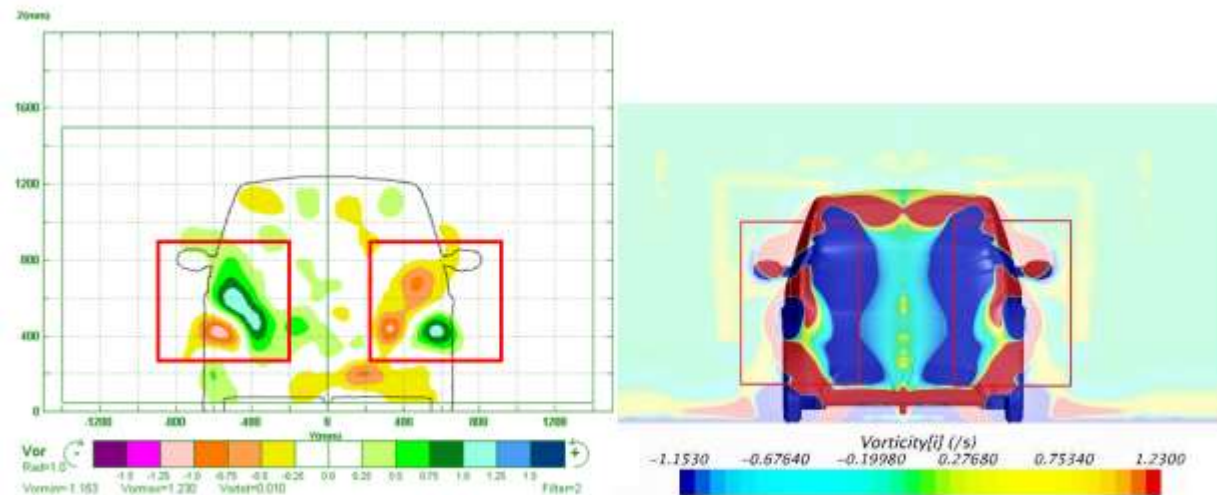


Figure 6 - Correlation between WT (up) and CFD (down) vorticity 150 mm behind the vehicle

Manba: Ferraris A. and tc. City Car Drag Reduction by means of Flow Control Devices - In: SAE TECHNICAL PAPER. - ISSN 0148-7191. - ELETTRONICO. - 1:(2021), pp. 1-9.

CET tahlil qilish dasturi

CET dasturlari tuzilmalarning stresslari va deformatsiyalarini bashorat qilishga qaratilgan kashshof tadqiqot dasturlari tomonidan yaratilgan.

Birinchilardan biri - tahlil vositasi NASTRAN NASA homiyligida yaratilgan.

Statik stressni tahlil qilish bilan bir qatorda, buzilmaslik tahlilida dinamik tahlillar joriy etilgan.

Keyinchalik hatto AI uchun "imkonsiz" dasturlar, masalan, avariya holati, AI bilan muvaffaqiyatli takrorlandi.

CEU tahlil qilish dasturi

CAD va CAE ning bog'liqlikligi - bu CAD shaklini o'zgartirish va CAE dasturiy ta'minotining o'zgarishga javob vaqti (reaktsiya).

Reaktsiya vaqti qisqa bo'lsa, bir vaqt ichida muhandislik ozgarishlar soni va mahsulot innovatsiyalariga ta'siri shunchalik ko'p bo'ladi.

Ko'rinib turibdiki, CET – bu mahsulotning chidamliligi va energiya samaradorligi kabi muhim funksional talablari bo'yicha bashorat qiladigan, kerakli shakl modifikatsiyalari to'g'risida fikr bildiradigan tahlil dasturi.

Manba: CAE Tools Used in Automotive Industry. <https://www.neruralconcept.com/post/cae-tools-used-in-automotive-industry>.

FEA imkoniyatli CAD/CAE

CEU imkoniyatlarini o'z tarkibiga kamrab olish xususiyati – bu CAD/CAE dasturining katta afzalliklaridan biridir.

Cheklangan elementlarni tahlil qilish vositalariga ega bo'lgan kuchli dasturlar haqida umumiy ma'lumot.

Har birining afzalliklari va mumkin bo'lgan cheklovlarini ta'kidlash eng yaxshi variantni tanlashni osonlashtiradi.

CET Dasturlari

CET usullaridan hozirda mavjud kompyuter dasturlari qisman ro'yxati:

1. Autodesk Simulyatsiyasi Multifizikasi
2. Abaqus
3. ANSYS
4. KOSMOS / M
5. GT-STRUDL
6. LS-DYNA
7. MSC / NASTRAN
8. Pro / MECHANICA
9. STARDYNE

Manba: Introduction to Finite Element Method <https://fractory.com/finite-element-analysis>

Autodesk Inventor

Autodesk Inventor - bu Autodeskning mexanik dizayni va 3D CAD dasturi, parametrik va yig'uvni modellashtirish, chizma yaratish xususiyatlarini o'z ichiga olgan.

Shu bilan birga loyihalashni avtomatlashtirish kabi kuchliroq yangi vositalarga ega, alohida muhitda lavha dizaynlari bilan ishlash mumkin.

Bundan tashqari, portlagan ko'rinishlar va video animatsiyalari kabi vizualizatsiyani ta'minlaydi.

Manba: Velling Andreas. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Autodesk Inventor afzalliklari

- Yetakchi kompaniyaning kuchli dasturiy ta'minoti.
- Tadqiqotlarni bajarish uchun fayllarni eksport qilish va import qilish shart emas.
- Mijozlarni qo'llab-quvvatlash bir nechta tillarda.
- Kompaniya veb-saytida va undan tashqarida ajoyib bilimlar bazasi: video darsliklar, maqolalar va forumlar o'tkazadi.
- Yig'ish va payvandlash ishlarini murakkab sozlash ham sinovdan o'tkazish mumkin.



Autodesk Inventor kamchiliklari

- Chizikli kuchlanish va chiziqli dinamik tahlil bilan cheklangan. Boshqa turlar Inventor Nastran dan foydalanishni talab qiladi.
- Inventor Nastranni mustaqil to'ldiruvchi sifatida sotib olish mumkin emas, faqat to'plam bilan.
- To'plamda kerak bo'lmagan dasturlar ham bo'lishi mumkin va qimmatlashtiradi.
- Faqat Windows dasturlarida ishlaydi.

Dassault Systèmes SolidWorks

SolidWorks –eng yahshi CAD/CAM/CAE dasturlaridan biri, turli modullarga ega to'liq CAD to'plami .

Bu modullarga quyidagilar kiradi:

- 3D CAD
- SolidWorks CAM
- Tuzuvchi
- Elektr 3D
- Elektr sxemalari
- Tekshirish
- Simulyatsiya va boshqalar.

Manba:Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Dassault Systèmes SolidWorks

SolidWorks ning asosiy xususiyatlaridan - katta va murakkab yig'uv birikmalar bilan ishlash imkoniyati, oddiy modeldan to'liq ob'ekt majmuasiga aylantirishi. FEA SolidWorks Simulation moduli orqali qo'llaniladi. Modul uchta darajada mavjud: Standart, Professional va Premium.



Manba: Velling Andreas. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Dassault Systèmes SolidWorks

Eng kuchli versiyasi quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- Statik tadqiqotlar
- Charchoqni o'rganish
- Harakat tahlili
- Termal tahlil
- Chastotani o'rganish
- Buklanish tadqiqotlari
- Bosimli idishlarni o'rganish
- ChTopologiyani optimallashtirish
- Chiziqli dinamik tadqiqotlar
- Chiziqli bo'lmagan tahlil.

Manba: Velling Andreas. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Dassault Systèmes SolidWorks

SolidWorks Simulatsiya uchun qo'shimchalarni taklif qiladi:

- oqim simulyatsiyasi,
- aniqroq echimlar.

Misol uchun, Barqarorlik modullari loyihani tasdiqlash imkonini taqdim etadi. Ushbu paketlar va modullar barchasi 3D CAD dasturiga kiritilgan.

CET/FEA ning yuqori imkoniyatlarini taklif qilish uchun Simulia Strukturaviy Simulyatsiya Loyiha orqali ABAQUS ni taklif qiladi. Bu CAD interfeysi bilan juda mos keladigan maxsus CET/FEA dasturi..

SolidWorks afzalliklari

Afzalliklari:

- Taniqli va tasdiqlangan kompaniyaning kuchli dasturiy ta'minoti.
- CAD o'rnatilgan, fayllarni eksport qilish va import qilish kerak emas.
- SDH/CFD testlari ham amalga oshirilishi mumkin.
- Qo'shimchalar mustaqil yechimlar sifatida taklif etiladi.
- Mijozlarni qo'llab-quvvatlash bir nechta tillarda mavjud.
- Kompaniya veb-saytida va undan tashqarida ajoyib bilimlar bazasi, video darsliklar, maqolalar va forumlar o'tkazadi.

Kamchiliklari

Foydalanadigan modullar versiyasi va soniga qarab, tizim talablari juda yuqori bo'lishi mumkin.

Faqat Windows tizimida ishlaydi.

Manba: Velling Andreas. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Siemens Solid Edge

Siemens SolidEdge to'liq paketi mexanik va elektr mahsulot loyihalari, simulyatsiya, ishlab chiqarish, ma'lumotlarni boshqarish va ko'p narsalar uchun vosita taklif etadi.

SolidEdge ning so'nggi versiyasida ko'plab yangi xususiyatlar mavjud: kengaytirilgan reallik va loyiha lashdan ishlab chiqarish jarayonini to'liq raqamlash tirish imkoniyati kabi ilg'or texnologiyalar.

Solid Edge-ga kiritilgan yana bir ajoyib xususiyat - bu qo'shimcha va ayirma ishlab chiqarish uchun optimallashtirish.

Manba: Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Siemens Solid Edge

Solid Edge 3 xil darajadagi simulyatsiya vositalarini taklif etadi:

1. Solid Edge Premium,
2. Solid Edge Simulation va
3. Solid Edge Simulation Advanced.

Solid Edge Simulation Advanced - Solid Edge ning kengaytiriladigan simulyatsiyasi qismlarni, yig'uv birlik larni va tizimlarni raqamli tekshirish va optimallashtirish imkonini beradi.

Tez prototipga bo'lgan ehtiyojni kamaytirish, vaqt va xarajatlarni tejash uchun loyihalash jarayonining boshi da buni amalga oshirishingiz mumkin.

Manba: Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools.
<https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Siemens SolidEdge

SolidEdge dagi CET imkoniyatlari alohida qismlarni simulyatsiya qilish, montaj tahlili va Suyuqlik Dinamika Hisobi (CFD)ni o'z ichiga oladi.

Ushbu sonli elementlarni tahlil qilish dasturi yordamida quyidagilarni amalga oshirish mumkin:

1. Stress tahlili va simulyatsiya
2. Vibratsiyali simulyatsiyalar
3. To'liq harakat simulyatsiyasi
4. Termal simulyatsiyalar.

Barcha variantlar tasdiqlangan Femap CET modellash tirish va NX Nastran texnologiyasiga asoslangan.

Manba: Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Siemens Solid Edge

Afzalliklar.

1. CAD o'rnatilgan, fayllarni eksport qilish va import qilish tadqiqotlarni bajarish uchun kerak emas.
2. CFD testlari ham amalga oshirilishi mumkin.
3. Imkoniyatlar 3-darajali tizimda kengaytirilishi mumkin, chunki xarajatlar oqlangan.
4. Bir nechta tillarda mavjud.

Kamchiliklari

1. Tizim talablari boshqa CAD va FEA dasturlariga nisbatan juda yuqori bo'lishi mumkin.
2. Eng so'nggi versiyalar Windows 10 Enterprise yoki Professional bilan cheklangan.

Manba: Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Creo kengaytiriladigan 3D CAD mahsulotlarini ishlab chiqish paketlari va vositalarini taklif etadi, vositalar modellashtirish va loyihalash, simulyatsiya va tahlil, kengaytirilgan imkon va qo'shimcha ishlab chiqarishni o'z ichiga oladi.

Creo da FEA imkoniyatlari kengaytirilgan. So'nggi versiyada Creo Flow Analysis Extension bilan SDH/CFD ni qo'shdilar.

Yana bir komponent bu Creo Simulation Live vositasi, u modellashtirish muhitida tezkor yechimlarni taqdim etadi.

Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools.
<https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Creo texnologiyalari muhandislik dasturlari sanoatidagi yetakchi ANSYS bilan yaratilgan. Ular imkon beradi:

1. Creo 6.0 bilan ishlash mumkin:
2. Strukturaviy tahlil
3. Termal sinovlar
4. Harakat tahlili
5. Charchoq simulyatsiyasi
6. Qolib to'ldirish tahlili.

Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools.
<https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Afzalliklar

SDH/CFD va sinovlarni amalga oshirilishi mumkin.

Imkoniyatlar 5-darajali tizimida kengaytirilishi mumkin.

Litsenziyani “to'lash” modelida olish mumkin, bu esa foydalanuvchiga qanday to'lash to'g'risida qaror qabul qilishda moslashuvchanlikni beradi.

Kamchiliklari

Simulyatsiya Design Premium va Design Premium Plus darajalarida cheklangan.

Faqat Windows tillarida ishlaydi.

Manba: Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools.

<https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Autodesk Fusion 360

Fusion 360 – bu birinchi o'rnatilgan bulutli CAD/CAM /CAE mahsulotlarni loyihalash, muhandislik va ishlab chiqarish dasturlari barchasi bittada – dunyoda 4,6 mln foydalanuvchi.

Butun mahsulotni ishlab chiqish jarayonini o'rnatilgan 3D CAD dasturi bulutga asoslangan dasturiy ta'minot.

Fusion iqtisodiy jihatdan samarali (bir loyihada 33,0 ming USD tejaladi), ishlatish uchun qulay va tez (har bir loyiha vaqti 60% qisqaradi).

Hamma narsani yaratish uchun faqat bitta fayl formati va bitta faylga ega bo'lish juda kulaydir.

Manba: Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools
<https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Autodesk Fusion 360

1. **Fusion Simulation Kengaytmasi** (CET, bulutli aso sida qismlar loyihasini optimallashtirish, quyma texnologiyalar) - \$1,465/year
2. **Fusion Manufacturing Kengaytmasi** (3~5 - o'qli RBD da metal 3D printerda ishlov berish) - \$1,465/yil.
3. **Fusion Dizayn Kengaytmasi** (Mahsulotning ishlab chiqarish va estetikasini oshirish uchun murakkab geometriyani avtomatlashtirish - \$ 595/yil.
4. **Fusion Kengaytmasini Boshqarish** (O'zgartirishlarni bajarish, chiqarishni boshqarish, qismlarni avtomatlashtirilgan raqamlash va materiallarni boshqarish) - \$495/yil.

Solid Exchange

Solid Edge-bu mahsulotni ishlab chiqish jarayonining barcha jihatlarini-mexanik va elektr dizayni, simulyatsiya, ishlab chiqarish, texnik hujjatlar, ma'lumotlarni boshqarish va bulutga asoslangan hamkorlikni rivojlantiradigan arzon, tarqatish, saqlash va ishlatish uchun qulay dasturiy vositalar portfeli.

Xususiyatlarga boy modellashtirish qobiliyatlari, sinxron texnologiya, KeyShot bilan ishlash, kuchli Parasolid yadrosi, juda oson simulyatsiya (CET/FEA tahlili).

Animatsiya va eskiz muhiti ba'zi yaxshilanishlarni olishi mumkin va ular modellashtirish bilan birga mashlar bilan ishlash uchun ko'proq funktsiyalarni qo'shishlari mumkin.

Manba:Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

Altair SimSolid

Bir necha daqiqa ichida to'liq xususiyatli CAD tarkibiy tahlillarni o'tkazish orqali SimSolid jarayonni o'zgartira oladigan simulyatsiya texnologiyasidir.

Geometriyani va to'rni tayyorlash: an'anaviy strukturaviy simulyatsiyada bajariladigan eng ko'p vaqt talab qiladigan, tajribaga ega va xatolarga yo'l qo'yadigan ikkita vazifa.

Uning noyob, yaxlit hal qiluvchi yondashuvi tezlik va aniqlikni ta'minlaydi, to'r va modellashtirish imkoniyati esa vaqtni tejaydi va modellashtiradi.

Manba: Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools. <https://fractory.com/finite-element-analysis-software/>

MATLAB

1. MATLAB – bu foydalanish oson dasturlash, modell ashtirish va simulyatsiya qilish vositasi. Turli xil sig nallar va tasvirni qayta ishlash usullari mavjud.
2. Matematik operatsiyalar va matritsali operatsiyalar sodda bo'lib, mehnat va tadqiqotlarni soddalashtiris hga yordam beradi.
3. Litsenziya va xarajat qimmat, dastur ma'lumotlari hajmi ham ko'p, shuning uchun loyihani amalga oshirish juda ko'p vaqt talab etadi va ish oqimini zerikarli qiladi.

Manba: Gigante M. Finite Element Analysis: What Is It and How Does It Work? <https://www.g2.com/articles/finite-element-analysis>

XULOSA

1. Zamonaviy mahsulotni loyihalash, ishlab chiqish va simulyatsiya qilishda KMT/CAE dasturlaridan foydalanish vaqt, xarajatlar va resurslarni qisqartiradi, CETga asoslangan takomillashtirishni amalga oshirish va sinovdan o'tkazishga imkon beradi.
2. CET simulyatsiyalar loyihalash va mahsulot ishlab chiqishning barcha jarayonlarida - kontseptsiyadan to mahsulotni chiqarishgacha qaror qabul qilishda ta'sir kiladi.

XULOSA

3. CEU vositalari simulyatsiyada inqilobiy o'zgartirish yaratgan, CAD/CAM/CAE mahsulot shakli va funkcionalligi o'rtasida teskari aloqa bilan tahlilda ochiq tsikldan yopiq tsiklga o'tish, mahsulot va uning ishlab chiqarishni optimallashtirishga imkon beradi.
4. Cheklangan elementlarni tahlil qilish (FEA) tahlili keng ko'lamlil tahlil turlarini o'tkazishga imkon berish orqali avtomobilsozlik sanoatida mahsuloy loyihalashda tubdan o'zgarishlar yaratdi.

XULOSA

5. Strukturaviy va modal tahlil, nosozliklarni baholash, tebranish tahlil va termal baholash FEA xavfsizroq, samaraliroq va ishonchli transport vositalarini loyihalash uchun ajralmas vositaga aylandi.
6. FEA kuchidan foydalangan holda, loyihalarni optimallashtirish, ishlab chiqish xarajatlarini kamaytirish va yangi mahsulotga innovatsiyalar kiritish va evolyutsion rivojlanishni tezlashtirishga erishiladi, samaradorlik va xavfsizlik yaxshilanadi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Cheklangan element deb nima deyiladi?
2. Qaysi loyiha sxemasi cheklangan element deb ataladi?
3. Cheklangan element tahlili qaysi dasturlarda bajariladi?
4. Cheklangan elementning yuk vektori nima?
5. Cheklangan qattqlik matritsasi koeffitsientlarining jismoniy ma'nosi nimanur elementlari?
6. Nurning cheklangan elementining qattqlik matritsasi ustun koeffitsientlarining fizik ma'nosi nima?
7. Nurning cheklangan elementining yuk vektori koeffitsientlarining fizik ma'nosi nima?
8. Nima uchun cheklangan elementning qattqlik matritsasi b uziladi?
9. Global qattqlik matritsasi nima?
10. Global yuk vektori nima?
11. Global qattqlik matritsasi koeffitsientlarining jismoniy ma'nosi nima?
12. Har qanday CEU tenglamasining jismoniy ma'nosi nima?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Velling A. Best CAD Software With Finite Element Analysis Tools <https://fractory.com/finite-element-analysis-software>
2. Need to Know About a CAE program. <https://volupe.se/what-you-need-to-know-about-a-cae-program>
3. CAE Tools Used in Automotive Industry. <https://www.neuralconcept.com/post/cae-tools-used-in-automotive-industry>
4. What Is FEA | Finite Element Analysis? <https://www.simscale.com/docs/simwiki/fea-finite-element-analysis/what-is-fea-finite-element-analysis>
5. Метод конечных элементов в SOLIDWORKS. <https://dipro.ru/vvedenie-v-metod-konechnykh-elementov/>
6. What Is FEA | Finite Element Analysis? <https://www.simscale.com/docs/simwiki/fea-finite-element-analysis/what-is-fea-finite-element-analysis/>
7. Anju S. A comprehensive Guide to CAE Engineering Services in India. [https://www.sphinxworldbiz.com/\(a-comprehensive-guide-to-cae-engineering-services-in-india](https://www.sphinxworldbiz.com/(a-comprehensive-guide-to-cae-engineering-services-in-india).

Foydalanilgan adabiyotlar

8. Kuchtová Gabriela. CAE Systems for Structural Analyses of Layered Composites. https://www.researchgate.net/publication/351439363_CAE_Systems_for_Structural_Analyses_of_Layered_Composites
9. CAE Tools Used in Automotive Industry. <https://www.neuralconcept.com/post/cae-tools-used-in-automotive-industry>
10. Velling A. Best Websites for Mechanical Engineers. <https://fractory.com/best-websites-for-mechanical-engineers/>
11. Gigante Michael Finite Element Analysis: What Is It and How Does It Work? <https://www.g2.com/articles/finite-element-analysis>
12. Kurowski P.M. Teaching Finite Element Analysis for Design Engineers. https://www.researchgate.net/publication/228874904_Teaching_Finite_Element_Analysis_for_Design_Engineers

Foydalanilgan adabiyotlar

13. Voelabs. 9 Best FEA (Finite Element Analysis) Software for Mechanical and Aerospace Engineering. <https://www.youtube.com/watch?v=l5pQwz2sDbo>
14. Velling A. Best Websites for Mechanical Engineers. <https://fractory.com/best-websites-for-mechanical-engineers/>
15. Gigante Michael. Finite Element Analysis: What Is It and How Does It Work? <https://www.g2.com/articles/finite-element-analysis>
16. Pranov Dharshan. Exploring the Types of Analysis in the Automotive Sector using Finite Element Analysis (FEA) <https://www.linkedin.com/pulse/exploring-types-analysis-automotive-sector-using-finite-dharshan/>
17. Ferraris A. and etc. City Car Drag Reduction by means of Flow Control Devices - In: SAE TECHNICAL PAPER. - ISSN 0148-7191. - ELETTRONICO. - 1:(2021), pp. 1-9.

**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.