

**Week 7**  
**7 hafta**

**Engineering of CAD/CAM/CAE projects**

**CAD/CAM/CAE loihalarning muhandislik  
tahlili**

**Engineering Analysis Tools**

**Muhandislik tahlil asboblari**

Teshabaev Anvar E.

## Contents

- 1 **KMT tizimlari**
- 2 **KMT vositalaridan foydalanish**
- 3 **Muhandislik tahlilda yangi texnologiyalar**
- 4 **KMT ning rivojlanish yonalishlari**

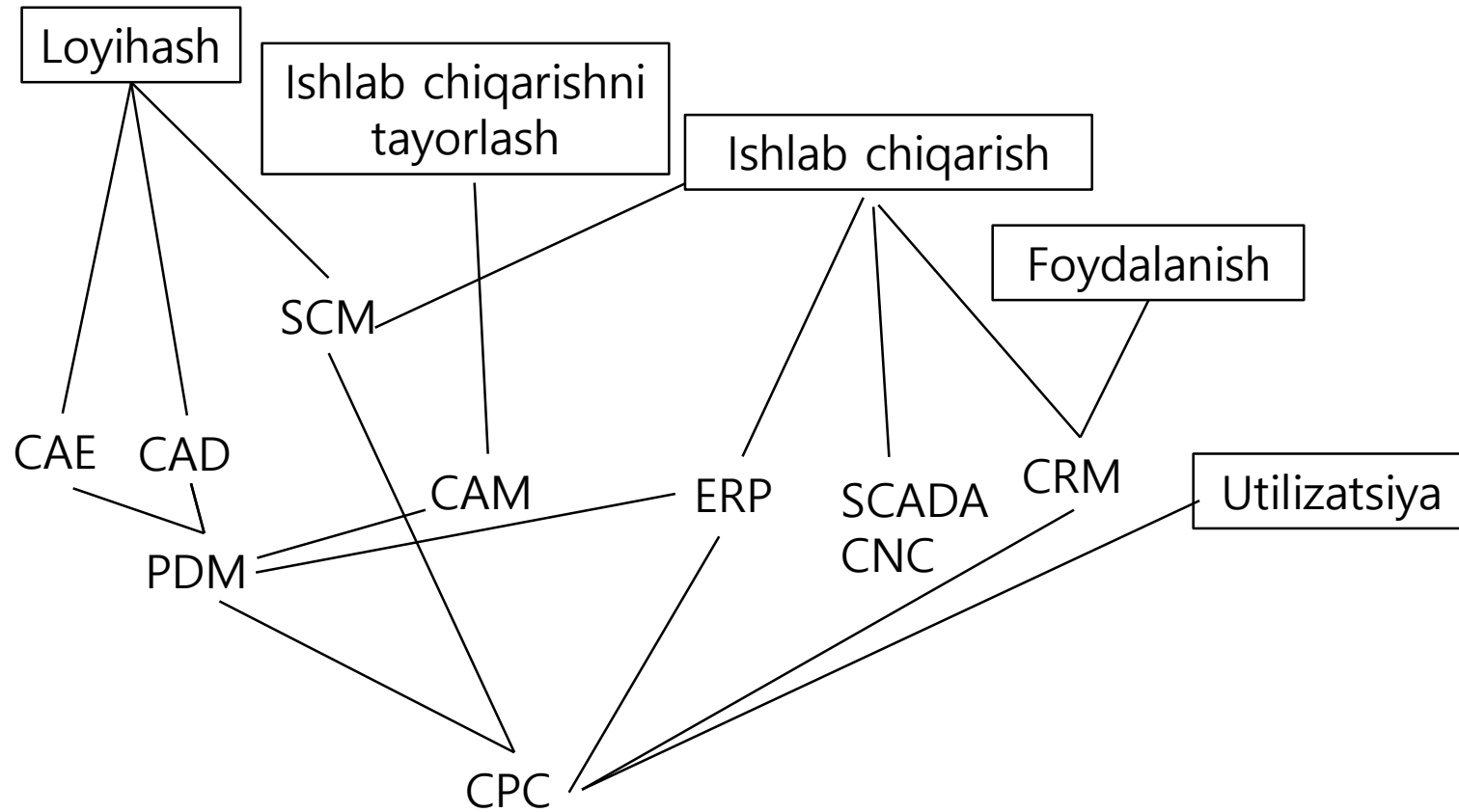
## KMT maqsad va vazifalari

Korxonada kerak bo'lsa:

1. dizayn echimlarining to'g'riligini tekshirish,
2. mahsulot prototiplari sonini va sinovlari hajmini kamaytirish,
3. tanlash uchun ko'p dizayn variantlarini o'rganish,
4. mahsulot dizayni va bozor talablari muvofiqligini tekshirish,
5. mahsulotda topilgan mahalliy muammoni hal qilis
6. yangi yuqori texnologiyali mahsulotlarni loyihalash va hisoblash metodologiyasini yaratish,
7. yuqori texnologiyali mahsulotning parametrlari optimallashtirish.

Manba: Adabiyot tahlili va shahsiy ma'lumotlar

# Foydalanadigan tizimlar



Manba: Zamonaviy CAE Tizimlar [https://bstudy.net/983270/tehnika/primary\\_sovremennyh\\_sistem](https://bstudy.net/983270/tehnika/primary_sovremennyh_sistem)

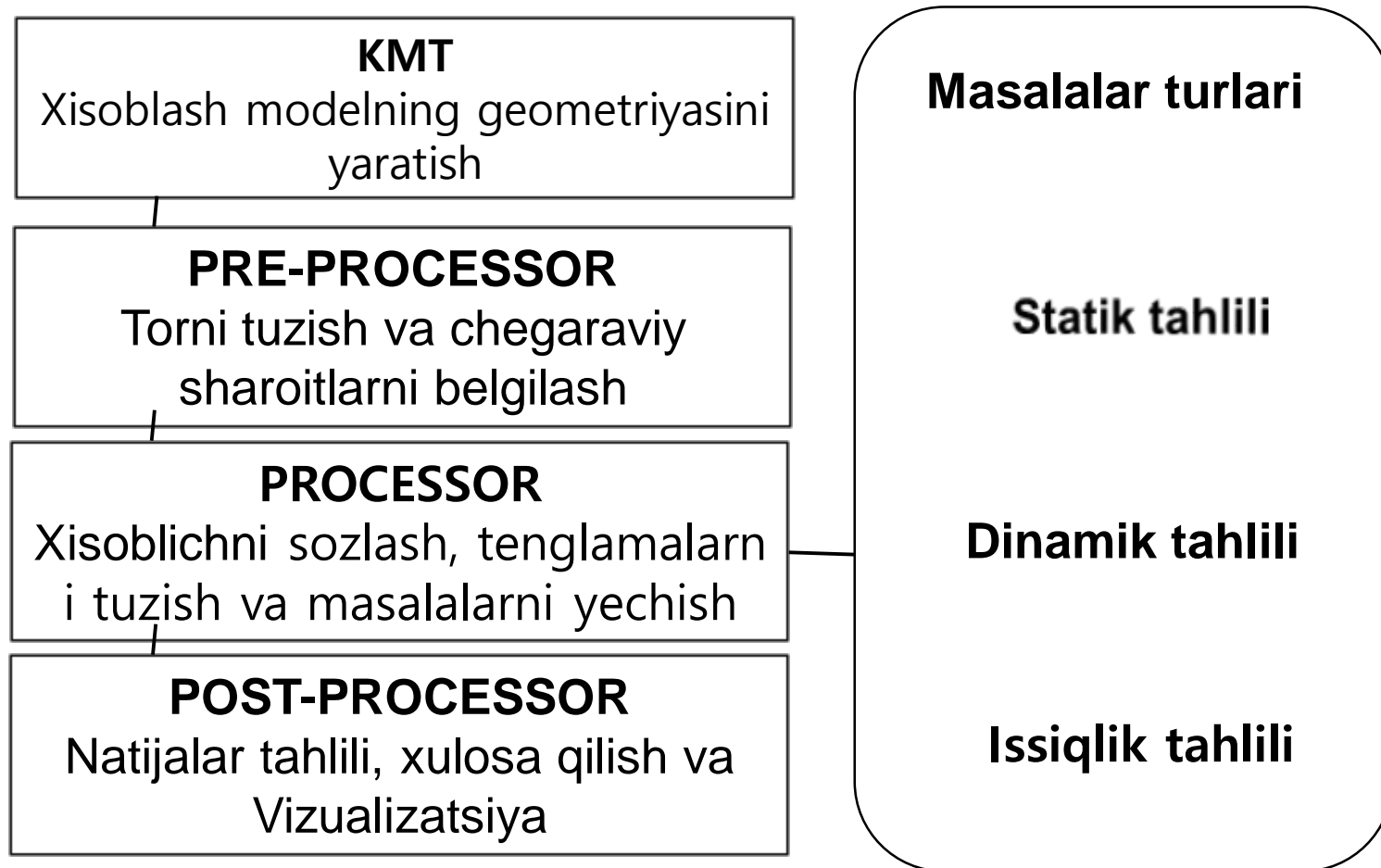
# KMT turlari

Muammolarni SAE muhandislik tahlili:

1. Mahsulotlar va inshootlarning mustahkamligi
2. Barqarorlikni hisoblash
3. Vibratsiyali yuklash paytida kuchni hisoblash
4. Mashinasozlik mahsulotning chidamliligini hisoblash
5. Dinamik yuklashda quvvatni hisoblash
6. Suyuqlik va gazlarning dinamikasi
7. Tegishli ko'p tarmoqli vazifalar
8. Vibroakustika
9. Parametrik optimallashtirish
10. Topologik optimallashtirish

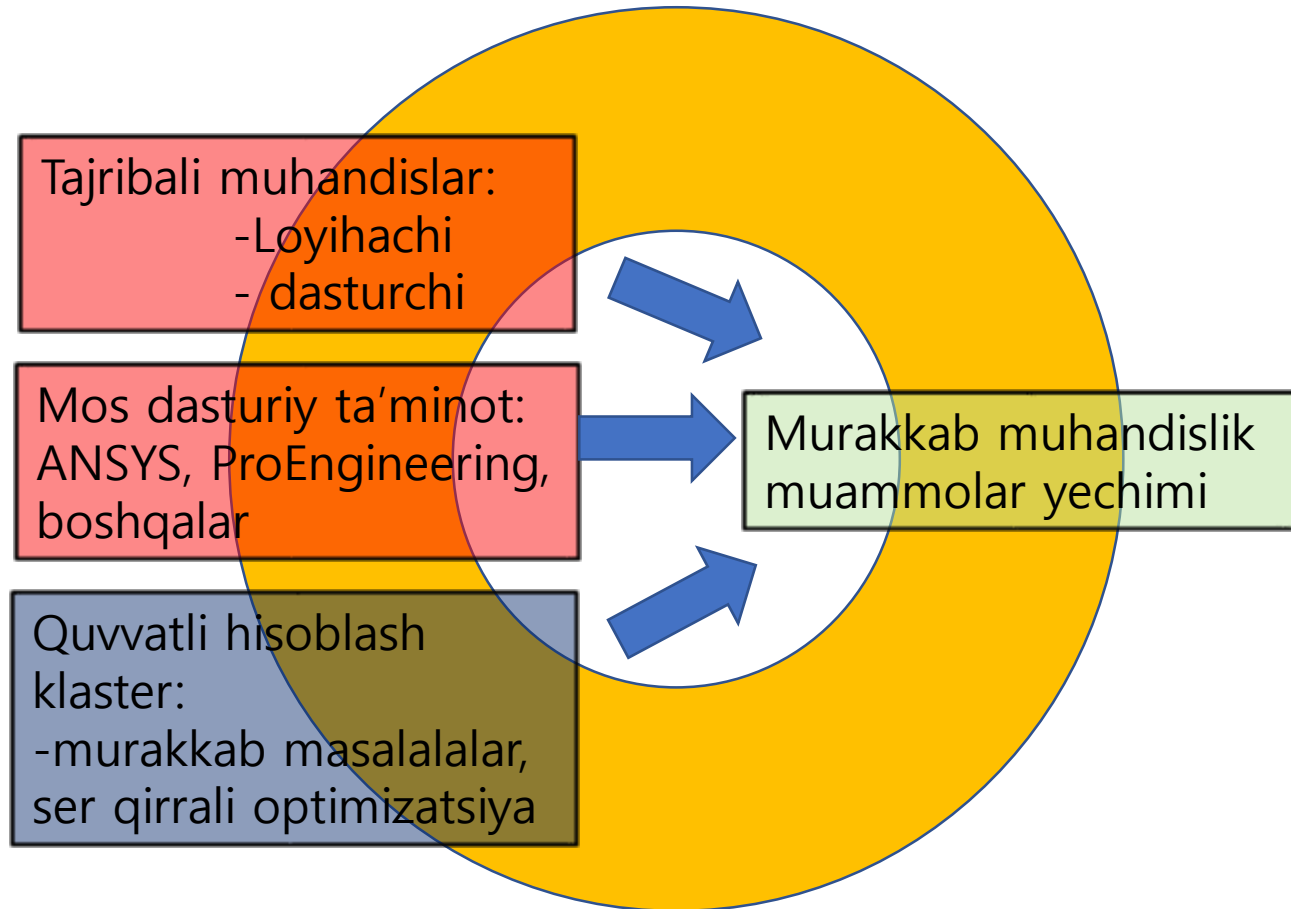
Manba: Adabiyot tahlili va shahsiy ma'lumotlar

## KMT bajarishi



manba: T-FLEX Анализ 17: новые возможности инженерного анализа  
<https://www.comnews.ru/content/215634/2021-07-26/2021-w30/t-flex-analiz-17-novye-vozmozhnosti-inzhenernogo-analiza>

# KMT - Muhandislik tahlili



Manba: Adabiyot tahlili va shahsiy ma'lumotlar

# KMT bosqichlari

Vosita	Tahlil	Rivojlan. dasturi	Dastlabk Loyiha	Loyiha	Ishlab chiqarish
CAD	-	Tizimlar loyihasi	Layout	Batafsil chizma	O'zgarishlar
CAE	Muhandis. tahlil	Ko'rsatkic hlar tahlili	Tizimlar tahlili	Subtizim tahlili	Jarayon simulyats
CAM	-	STL/RP	STL/RP	Tez proto tiplash	Ish.Ch. jar.riv ojlantiris
RBD	-	Muhim tizi mlar	Tizimli echimlar	Tez proto tiplash	Tizim (mat., vazif, ish.ch
CMM	Yig'uv/ O'lchov	Verifikatsi ya	-	Verifikatsi ya	Verifikatsiya
Sinov	Muhim k o'rsatk.	Tizimlar ko'rsatk.	Tizim vazifalari	Tizim ko'r va ishon	Sifat ta'min., sertifikatsiya

Manba: Luis Marrero. Computer Aided Engineering Analysis in Silicon Rubber Product ions. <https://www.simtec-silicon.com/CAE-analysis-in-ISR-products>.

## KMTdan foydalanish

Tahlil dasturlarini shartli ravishda 4 ta asosiy guruhga ajratish mumkin:

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

## **KMTdan foydalanish**

Dasturlarning birinchi guruhi dizayn va tahlil jarayonlarini yagona kompleksda organik ravishda birlashtirgan dasturiy ta'minot dizayn tizimlari.

Dasturiy ta'minot dizayn tizimlari qatoriga CATIA, EUCLID, UNIGRAPHICS, COMPAS-22 MT modullari mavjud boshqalar ham kiradi.

## Universal tahlil dasturlari

Dasturlarning ikkinchi guruhi mashinasozlik mahsulotlarini tahlil qilishning universal dasturlari kiradi. Ushbu dasturlarni ishlab chiqish, etkazib berish va qo'llab-quvvatlash bo'yicha yetakchilar

1. ANSYS, Inc. (AQSh),
2. SAMTECH (Belgiya),
3. MacNeal Schwendler Corporation (MSC) (AQSh).

## Ixtisoslashtirilgan KMT

Dasturlarning uchinchi guruhi mahsus, individual texnologik operatsiyalarni, jarayonlarni modellashtirishni amalga oshiradigan, individual texnologiyalarning o'ziga xos vazifalarini hal qiladigan ko'plab ixtisoslashtirilgan dasturlardan iborat:

- 1.MSC to'plami.

- 2.SuperForge (MSC firmasi)

shtamplash va zarb qilish jarayonlarini hajmi modellashtirish uchun mo'ljallangan.

## Boshqaruv KMT

Avtomatik tartibga solish va boshqarish tizimlarida yuzaga keladigan dinamik jarayonlarni o'rganish, shuningdek tahlil qilish, simulyatsiya modellashtirish, bashoratlash, tasodifiy jarayonlarni tahlil qilish va boshqa muammolarini hal qilish uchun to'rtinchi guruh dasturlarini tashkil etuvchi maxsus dasturiy komplekslari keng qo'llaniladi

1. MATRIX,
2. Matlab Simulink,
3. VisSim,
4. LabView,
5. EASY5,
6. MVTU va boshqalar.

## KMT Dasturlari

Muhandislik tahlili dasturiy ta'minotning 3 turi bilan tavsiflanadi:

- 1.massa holatini tahlil qilish muammolarini hal qilish;
- 2.cheklangan elementlar usuli (FEA, MKЭ) bilan muammolarni hal qilish;
- 3.chiziqli dasturlash muammolarini hal qilish, muhandislik hisob-kitoblarini avtomatlashtirish (MathCad).

# KMT Vositalari tahlili

SAE dasturiy ta'minotga qoyiladigan Talablar	Dasturlar						
	Ansys /Ansys	CATIA/Dassault Sy.	Solid Works/Dassa	NX NASTRAN/SIE.	Solid Edge/Siemens	Simulink/MathWork	T-Flex/ Top systems
Ko'p tarmoqli modellashtirish imkoniyatlari	+	+	+	+	-	-	-
Katta va murakkab ob'ektlar bilan ishlash	+	+	+	-	+	-	-
Maxsus modullar va foydalanish tajribasining mavjudligi	+	-	-	+	+	+	-
Boshqa dasturlar bilan bog'lanish	+	+	+	+	+	+	+
Narx omillari	-	-	-	+	-	+	+
Interfeysning aniq ko'rinishi	+	+	+	+	+	+	+

## **KMT tizimlari**

**ANSYS yadrosiga asoslangan eng mashhur o'rta darajadagi SAE tizimlari:**

- 1. Cimatron (Cimatron Ltd.),**
- 2. Mastercam (CNC Software, Inc.),**
- 3. AutoCAD 2000,**
- 4. Powermill (DELCAM) va boshqalar.**

## KMT modullari

"Og'ir" SAPR (NX Unigraphics, ProENGINEER) dasturlar tarkibidagi KMT modullarining imkoniyatlari sezilarli darajada oshadi, chunki hisoblash natijalari avtomatik ravishda mahsulot geometriyasini o'zgartirish va keyinchalik kiritilgan o'zgarishlarni tekshirish uchun ishlatilishi mumkin.

Manba: Adabiyot tahlili va shahsiy ma'lumotlar.

# TOP-10 KMT dastaklari

MATLAB.

Simcenter STAR-CCM+

Simcenter 3D

Onshape

Ansys Fluent.

HEEDS.

Solid Edge

SOLIDWORKS

Manba: **Best Simulation & CAE Software**

<https://www.g2.com/categories/simulation-cae>

# KMT turini tanlash

1. Maqsadlarni bilish. Shaxsiy tajriba birinchi o'rinda.
2. Muammolarni tushunish. Shaxsiy tajriba birinchi.
3. Variantlarni solishtirish. Shaxsiy tajriba birinchi o'rinda.
4. Yechimni sinab ko'rish va yaxshilash.
5. Muloqot qilish va natijalaringizni amalga oshirish.
6. Boshqa mutaxassislar bilan fikr-mulohaza olmashish.
7. Har qanday bo'limni o'z nuqtai nazarizdan to'ldirish.
8. Boshqalar nima deyayotganini ko'rish.
9. Faol harakat qilish, hatolarni darrov to'g'rilash.

Manba: Ava Cohen. Innovations in the Computer-Aided Engineering (CAE) Software Market <https://www.verifiedmarketreports.com>

## KMT ni qo'llash

1. Outsorsing, ya'ni tashqi yordamga tayanish va keyinchalik ma'lumotlar xavfsizligini oshirish uchun simulyatsiya vakolatlarini olish uchun yechim.
2. Yuqori KMT tizimini xarid etish. Sifatli natijalarga erishish bilan birga, ushbu yondashuv dasturiy ta'minot sotub oluvchilari tomonidan katta sarmoyalar va maxsus qo'llab-quvvatlash xizmatlarni talab qiladi.
3. "CAE+SAPR" tizimlari, ya'ni KMT + SAPR vositalariga integratsiyai. Simulyatsiya va SAPR vositalari bir xil platformaga o'rnatilib, KMT-dan foydalanish qulayligini oshiradi va dastlabki bosqichini tezlashtiradi. Bu aniq, muhim muhandislik javoblari zarur bo'lganda muammo bo'lishi mumkin.

# Foydalanadigan tizimlar

Muhandislik tahlili uchun bepul dastur namunasi sifatida Linux ochiq platformasida ishlaydigan quyidagi tizimlar:

1. Code\_Aster - qattiq jism mexanikasi, termo– va gidrodinamika va boshqa vazifalarini hisoblash uchun katta ( >360 cheklangan elementlar) to'plami;
2. SALOME-ko'plab modullarga ega ochiq dizayn tizimi. SALOME MECA termodinamik jarayonlarini modellashtirish va tahlil to'plami kabi ixtisoslashtirilgan hisoblash paketlaridan tashqari Code\_Aster kabi boshqa tizimlar bilan ulanadi;
3. OpenFOAM 2.1.1, Gerris va code-Saturne 3.0 hisoblash gidrodinamikasi bo'yicha ixtisoslashtirilgan paketlar; jismoniy jarayonlarni simulyatsiya qilish tizimlari: Elmer v6.2, Calculix 2.6, Impact, MBDyn, DynELA, FEniCS mavjud.

Manba: Zamonaviy CAE Tizimlar [https://bstudy.net/983270/tehnika/pri\\_mery\\_sovremennyh\\_sistem](https://bstudy.net/983270/tehnika/pri_mery_sovremennyh_sistem)

## KMT TOP yetkazuvchilar

ESI Group (France)

Siemens AG (Germany)

Hexagon AB (Sweden)

Aveva Group (U.K.)

SimScale (Germany)

ANSYS, Inc. (U.S.)

Altair Engineering Inc. (U.S.)

Autodesk, Inc. (Germany)

Bentley Systems, Inc. (U.S.)

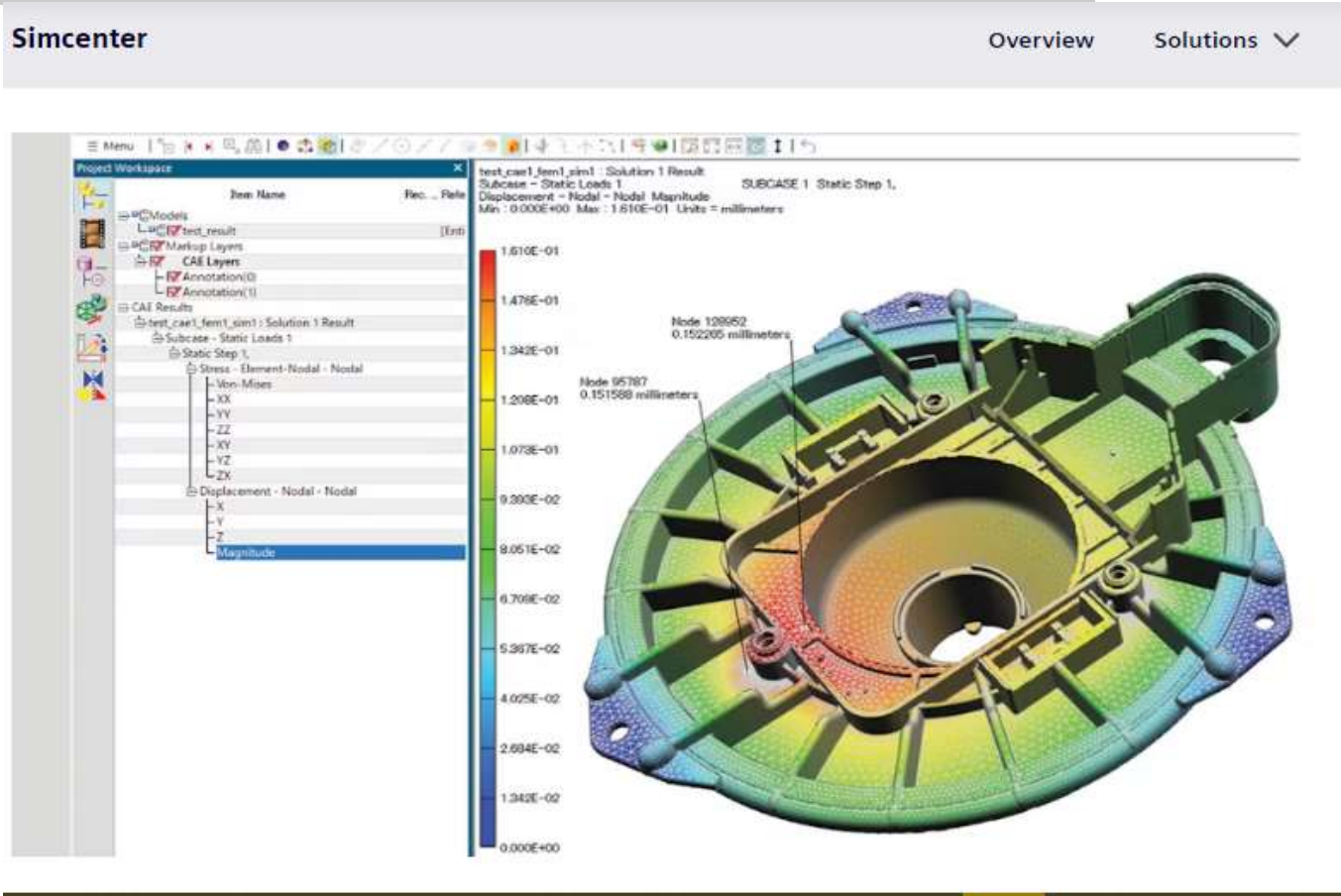
Dassault Systemes (France/U.S.)

## Simcenter 3D

Yagona bir muhandislik kompyuterda 3D Simcenter barcha KMT jarayonlari - oldindan hisob-kitobni tayorlash, hisob-kitob qilish va natijalarni qayta ishlashni amalga oshiradigan integratsiyalashgan muhit yaratadi.

Geometriya o'zgartirish vositalari har qanday manbadan intuitiv ravishda Kompyuter yordamida loyihalangan (SAPR) loyihaning geometriyasini ko'chirishga yordam beradi.

# KMT: Foydalanish namunasi



Manba: Simcenter 3D software. <https://plm.sw.siemens.com/en-US/simcenter/mechanical-simulation/simcenter-3d/>

## 3D Simcenter

3D SIMCENTER-dan ANSYS, Abaqus va MSC Nastran kabi boshqa keng tarqalgan, uchinchi yechimlari uchun oldindan (preprocessing) va keyingi ishlov berish (post processing) vositasi sifatida foydalanishingiz mumkin.

Simulyatsiyaning barcha ehtiyojlarini o'rganish uchun mukammal CAD/CAE (SAPR) yaratish, geometriyani tahrirlash va keng qamrovli to'r vositalaridan foydalanish mumkin.

## Foydalanish misoli: DENSO

DENSO kompaniyasi avtomobil dizayni va ishlab chiqarish oqimlarini soddalashtirish uchun 3D va NX integratsiyalashgan jarayonlar simulyatsiya jarayonini avtomatlashtirish orqali butlovchi qismlarni simulyatsiya qilish vaqtini 80 % kamaytirishga erishgan.

Kompaniya: DENSO

Sanoat: avtomobilsozlik

Siemens dasturi: NX, Simcenter 3D yechimlari, Teamcenter.

## Autodesk sanoat uchun

Sanoat korxonalarini uchun Autodesk tomonidan faol rivojlanayotgan mahsulotlar:

Fusion 360 – loyihalash maqsadlari uchun,

Moldflow – ishlab chiqarish holati va muammolarini tahlil qilish uchun,

CFD – maqsadlar va faoliyat samaradorligini baholash uchun

Ma'lumotlarni boshqarish, loyihalashni avtomatlashtirish, texnik hujjatlarni yaratish tizimlari.

## Autodesk yangi mahsulotlari

Autodesk kompozitlarning yangi xususiyatlarini, ularning xususiyatlarini va ishlab chiqarish imkoniyatlarini o'rganmoqda.

Masalan, kompozit materiallar va plastmassalar bilan ishlash uchun plastik inyeksion kalıplama jarayonlarini tahlil qilish yechimi bo'lgan Moldflow ni moslashtirilmogda.

Bu RTM (Resin Transfer Molding) usuli jarayonlar uchun dizayn bosqichida kerakli moddiy xususiyatlarni yaratishga imkon beradi.

## Netfabb dastagi

Netfabb – asli bu ikkita texnologiya, har biri o'z qiymatiga ega, birgalikda esa ular sinergiya hosil qiladi.

Birinchi texnologiya – bu generativ dizayndir (Generative design): loyihalashning yangi, engil va ishonchli usulidir.

Ikkinchi texnologiya - muhandislik tahlili va qo'shib ishlab chiqarish jarayoninidasturlashdir. Mahalliy kompaniyalar uchun Netfabb bozor bosimi va yangi dizayn turiga ehtiyoj sharoitida juda muhimdir.

## Netfabb dastagi

Nastran-In-CAD, loyihachiga ilg'or tahlilning yangi texnologiyalarini taqdim etadi. An'anaviy tahlil dan farqi mahsulotning yaratish uchun mas'ul bo'lganlar o'rtasidagi to'siqlarni buzadi.

FEA (MKE) keng foydalanilmoqda, muhandislar murakkab materiallar, tebranish va zarbalarni o'z ichiga olgan ko'p yechim variantlarini o'rganishlari mumkin.

Nastran-In-CAD dizaynerlarga muhandislik tahlili bilan birlashtirilgan muhitda yangi imkoniyatlarni ochib beradi.

## T-FLEX

T-FLEX tahlil moduli fizik hodisalarni matematik va muhandislik modellashtirish hamda hisob-kitoblarni tekshirishga qaratilgan.

"Bazis" dasturiy ta'minoti payvandlashning aniq ligi, texnologik va ekspluatatsion mustahkamli muammolarini modellashtirish orqali hal qilish uchun mo'ljallangan.

"Raqamli egizak" dasturi texnologik va yordamchi jarayonlarni tahlil qilish, uskunalarni baholash, ishlab chiqarish boshlanishidan oldin xavflarni bartaraf etishga qaratilgan.

## T-FLEX

“Pradis” muhandislik hisob-kitoblarida quyidagi modellarni amalga oshiriladi: mexanika, pnevmatika, gidravlika, qo'shma elementlar, aloqa elementlari, qattiq muhit elementlari.

“Logos” kompyuterlar resurslaridan foydalanib kompleks matematik modellash platformasi. Energetika, transport, avia-kosmik tarmoq muhandislik tizimlari, ilmiy tadqiqotlar uchun ishlatiladi.

## Lunix: KMT dastaklari

Linux platformasida ishlaydigan quyidagi tizimlar muhandislik tahlili uchun bepul dasturlarning namunalari sifatida keltirilishi mumkin:

1. Code\_Aster - qattiq muhit mexanikasi, termodinamika va gidrodinamika, va boshqa vazifalarini hisoblash uchun katta (360 dan ortiq turli xil cheklangan elementlar) to'plami. Akustika, stoxastik dinamika muammolarini hal qilish uchun foydalanish mumkin;
2. SALOME-ko'plab modullarga ega ochiq dizayn tizimi. SALOME MECA termodinamik jarayonlarini modellashtirish va tahlil qilish to'plami kabi maxsus hisoblash paketlaridan tashqari, Code\_Aster kabi boshqa tizimlar bilan ulanish mumkin;
3. OpenFOAM 2.1.1, Gerris va code-Saturne 3.0 hisoblash gidrodinamikasi bo'yicha ixtisoslashtirilgan paketlar; jismoniy jarayonlarni simulyatsiya qilish tizimlari: Elmer v6.2, Calculix 2.6, Impact, MBDyn, DynELA, FEniCS.

## KMTning Top yo'nalishi

KMT vositalarini rivojlanish tendentsiyalari:

1. Sun'iy intellekt (AI) va Mashina o'rganish (LM) integratsiya
2. Bulutli texnologiyalarga asoslanish
3. Ko'p qirrali (multi) fizika simulyatsiyalar
4. Yangi sanoat tarmoqlariga kengayish
5. Foydalanuvchiga qulaylik
6. Barqarorlik va qulay dizayn
7. Ma'lumotlarni boshqarish xususiyati.

Manba: Ava Cohen. Innovations in the Computer-Aided Engineering (CAE) Software Market <https://www.verifiedmarketreports.com>

## KMT: Yangi texnologiyalar

1. texnologiyalarga hamma joyda,
2. bulutli va petascale hisoblash kiradi;
3. ultra yuqori tarmoqli kengligi tarmoqlari,
4. bilimlarga asoslangan muhandislik;
5. tarmoqqa ulangan immersiv virtual muhit va virtual olamlar;
6. Rirvojlangan inson-kompyuter interfeyslari va
7. kuchli o'yin kuvvatlari va imkoniyatlari.

Manba: Best Simulation & CAE Software  
<https://www.g2.com/categories/simulation-cae>

## KMT: Yangi texnologiyalar

KMT dasturiy ta'minoti an'anaviy aerokosmik, avtomobilsozlik va sanoat mashinasozligi sohalaridan tashqari yangi sohalarga kengaymoqda.

Sog'liqni saqlash, energetika va elektronika kabi sohalar noyob muhandislik muammolarini innovatsiya qilish va hal qilish uchun KMT vositalarini tobora ko'proq o'zlashtirmoqda.

Manba: [Top 7 Trends In Computer-Aided Engineering \(CAE\) Software](https://www.verifiedmarketreports.com)  
<https://www.verifiedmarketreports.com>

## Xulosa

1. Mashinasozlik mahsulotlarini loyihalashda avtomatlashgan muhandislik tahlil qo'llaniladi.
2. Muhandislik tahlil dasturlarini 4ta guruh:
  - Dasturiy ta'minot dizayn tizimlari
  - Universal tahlil dasturlari
  - Ixtisoslashtirilgan tahlil dasturlari
  - Boshqaruv tizimlari tahlil dasturlari.
3. KMTni o'zlashtirish mashinasozlikni CAD Dasturlari va tizimlarini bilish va amaliy foydalanishning yuqori darajasini talab etadi.

## Xulosa-2

4. O'qitishni Solid Works hamda Kompas-22, 3D kompyuter loyihalash dasturlari va ularda mavjud muhandislik tahlil modullaridan keng foydalangan holda o'tkazish darkor.
5. O'qushning asosida bo'lgan Solid Works hamda Kompas-22 3D kompyuter loyihalash dasturlari bilan birga muhandislik tahlil usullari FEA / МКЭ, Matlab va Kompas 3D ni mustaqil amaliy o'rganish maqsadga muvofiqdur.

# Nazorat savollar

1. Muhandislik Tahlil Maqsadlari Va Vazifalari nimalardan iborat?
2. Avtomatlashtirilgan Muhandislik Tahlil Tizimlarining 4ta guruhi tushunchasi va nimalardan iborat?
3. KMT dasturlarining xarakterli xususiyatlari?
4. KMT tizimlarining avtomatlashtirilgan muhandislik tahlil tizimlariga misollar keltiring.
5. KMT dasturlarining rivojlanishini belgilovchi uskunalarni ishlab chiqarish xususiyatlari?
6. Mashinasozlikda KMTning kompyuter dasturlarining nechta guruhi mavjud?
7. ANSYS va Kompas 3D dasturlarida muhandislik tahlil qismlari mavjudmi va nimalardan iborat?
8. Dasturiy ta'minot dizayn tizimlari afzalliklari nimada?

## Nazorat savollar -2

9. Kompyuterlashgan Muhandislik tahlilning boshqalardan farqi nimada?
10. Kompyuterlashgan Muhandislik tahlil tizimning resurslari – bu...?
11. Hisob klasterining ko'rsatkichlari nimalardan iborat?
12. Analitik va raqamli hisob-kitoblari nimalardan iborat?
13. Matematik tizimlaridan kaysilarini bilasiz?
14. Kompyuter matematika tizimlariga misol keltiring?
15. Har bir kompyuterda Muhandislik tahlil dastaklari mavjudmi?

## Foydalanilgan adabiyotlar

1. Luis Marrero. Computer Aided Engineering Analysis in Silicon Rubber Productions. <https://www.simtec-silicon.com/CAE-analysis-in-ISR-products>.
2. T-FLEX Анализ 17: новые возможности инженерного анализа
3. <https://www.comnews.ru/content/215634/2021-07-26/2021-w30/t-flex-analiz-17-novye-vozmozhnosti-inzhenernogo-analiza>
4. Дежина И.Г. и др. Новые производственные технологии. М.: Издательский дом «Дело», 2015 273 стр.
5. Павлов С.И. CAE – технологии в 2015 году: обзор достижений и анализ рынка // CAD/CAM/CAE Observer. 2016. № 4 pp. 6-16 URL: <http://cadcamcae.lv/104>
6. Шаломеенко М. Инженерный анализ в среде SolidWorks Simulation: новое в версии 2014. [https://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=16587](https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16587)
7. Почепский О. CAE-система: что это за технология, для чего предназначены Computer-aided engineering программы. <https://www.cleverence.ru/articles/>

## Foydalanilgan adabiyotlar

8. Best Simulation & CAE Software <https://www.g2.com/categories/simulation-cae>
9. Ava Cohen. Innovations in the Computer-Aided Engineering (CAE) Software Market <https://www.verifiedmarketreports.com>
10. Арсенал современного инженера. Проспект Autodesk. <https://dam.assets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/emea/docs/ru/fy18-mechanical-engineer-modern-toolkit-ebook-ru.pdf>
11. Top 10 Companies in Computer Aided Engineering (CAE) Market. <https://www.linkedin.com/pulse/top-10-companies-computer-aided-engineering/>
12. Zamonaviy CAE Tizimlar [https://bstudy.net/983270/tehnika/primary\\_sovremennyh\\_sistem](https://bstudy.net/983270/tehnika/primary_sovremennyh_sistem)

**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](mailto:ateshabaev1958@gmail.com)**

**Phone: +998 93 252 -6488**



**E'tiboringiz uchun rahmat!**

- 
- Please leave this place empty.