O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETINING JIZZAX FILIALI

KOMPYUTER ILMLARI VA MUHANDISLIK TEXNOLOGIYALARI

mavzusidagi Xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari to‘plami

2026-yil 25-26-sentabr

(2-qism)

JIZZAX-2026

Kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari. Xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari to‘plami – Jizzax: O‘zMU Jizzax filiali, 2026-yil 25-26-sentabr. 460-bet.

Xalqaro miqyosidagi ilmiy-texnik anjuman materiallarida zamonaviy kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari sohasidagi innovatsion tadqiqotlar aks etgan.

Globallashuv sharoitida davlatimizni yanada barqaror va jadal sur’atlar bilan rivojlantirish bo‘yicha amalga oshirilayotgan islohotlar samarasini yaxshilash sohasidagi ilmiy-tadqiqot ishlariga alohida e’tibor qaratilgan. Zero iqtisodiyotning, ijtimoiy sohalarni qamrab olgan modernizatsiya jarayonlari, hayotning barcha sohalarini liberallashtirishni talab qilmoqda.

Ushbu ilmiy ma’ruza tezislari to‘plamida mamlakatimiz va xorijlik turli yo‘nalishlarda faoliyat olib borayotgan mutaxassislar, olimlar, professor-o‘qituvchilar, ilmiy tadqiqot institutlari va markazlarining ilmiy xodimlari, tadqiqotchilari, magistr va talabalarning ilmiy-tadqiqot ishlari natijalari mujassamlashgan.

Mas’ul muharrirlar: DSc.prof. Turakulov O.X., t.f.n., dots. Baboyev A.M.

Tahrir hay’ati a’zolari: p.f.d.(DSc), prof. Turakulov O.X., t.f.n., dots. Baboyev A.M., t.f.f.d.(PhD), prof. Abduraxmanov R.A., p.f.f.d.(PhD) Eshankulov B.S., p.f.n., dots. Aliqulov S.T., p.f.n., dots. Alimov N.N., p.f.f.d.(PhD), dots. Alibayev S.X., т.f.f.d.(PhD), dots. Abdumalikov A.A, p.f.f.d.(PhD) Hafizov E.A., f.f.f.d.(PhD) dots., Norbekova B.Sh. p.f.f.d.(PhD) dots. Sindorov L.K., t.f.f.d.(PhD), dots. Nasirov B.U., b.f.f.d. (PhD) O‘ralov A.I., p.f.n., dots. Aliqulov S.T., t.f.f.d.(PhD) Kuvandikov J.T., i.f.n., dots. Tsoy M.P., Sharipova S.F., Jo‘rayev M.M.

Mazkur to‘plamga kiritilgan ma’ruza tezislarining mazmuni, undagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligi hamda tanqidiy fikr-mulohazalar, keltirilgan takliflarga mualliflarning o‘zlari mas’uldirlar.

KOMPYUTERLI LOYIHALASH FANINI O‘QITISHDA AMALIY MASALALARNI MODELLASHTIRISH METODIKASI

Axadova Komila Said qizi
Jizzax politexnika instituti doktoranti
e-mail: komila.teacher@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada oliy texnika ta’limi muassasalarida "Kompyuterli loyihalash" fanini o‘qitish jarayonida talabalarning real ishlab chiqarish va muhandislik masalalarini modellashtirish kompetensiyasini shakllantirish metodikasi yoritilgan. An’anaviy o‘qitishdagi dasturiy buyruqlarni alohida o‘zlashtirish va real muhandislik amaliyoti o‘rtasidagi uzilishni bartaraf etish maqsadida loyihaga asoslangan ta’lim (PBL) hamda fanlararo integratsiya tamoyillariga tayangan to‘rt blokli pedagogik model ishlab chiqilgan. Maqolada CAD/CAE (AutoCAD, SolidWorks, SolidWorks Simulation/ANSYS) tizimlari integratsiyasi asosida amaliy masalalarni yechishning besh bosqichli algoritmi taklif etilib, mashina uzatmasi tayanch kronshteynini parametrik modellashtirish va statik yuklamaga optimallashtirish keysi misolida uning tatbiqi ko‘rsatilgan (natijada mustahkamlik zaxirasi $n \geq 2.0$ saqlangan holda detal massasi 18.2% ga kamaytirilgan). 112 nafar talaba ishtirokida o‘tkazilgan pedagogik tajriba-sinov natijalari tajriba guruhida yuqori o‘zlashtirish darajasi nazorat guruhiga nisbatan 21.4% ga oshganligini hamda o‘rtacha ball farqining statistik ishonchliligini ($t = 7.81$, $p < 0.01$) tasdiqladi.

Kalit so‘zlar: kompyuterli loyihalash, CAD/CAE tizimlari, amaliy masalalarni modellashtirish, parametrik modellashtirish, chekli elementlar usuli, loyihaga asoslangan ta’lim, muhandislik tafakkuri, konstruksiyani optimallashtirish.

Аннотация. В статье рассматривается методика формирования компетенции моделирования реальных производственных и инженерных задач у студентов технических вузов при изучении дисциплины «Компьютерное проектирование». Для устранения разрыва между механическим освоением команд программного обеспечения и реальной инженерной практикой разработана четырехблочная педагогическая модель, основанная на принципах проектного обучения (PBL) и междисциплинарной интеграции. Предложен пятиэтапный алгоритм решения прикладных задач на базе интеграции систем CAD/CAE (AutoCAD, SolidWorks, SolidWorks Simulation/ANSYS), а его практическая реализация продемонстрирована на примере кейса по параметрическому моделированию и статической оптимизации опорного кронштейна (масса детали снижена на 18,2% при сохранении коэффициента запаса прочности $n \ge 2,0$). Результаты педагогического эксперимента с участием 112 студентов подтвердили рост высокого уровня усвоения в экспериментальной группе на 21,4% по сравнению с контрольной, а также статистическую достоверность различий средних баллов ($t = 7.81$, $p < 0.01$).

Ключевые слова: компьютерное проектирование, CAD/CAE системы, моделирование прикладных задач, параметрическое моделирование, метод

конечных элементов, проектное обучение, инженерное мышление, оптимизация конструкции.

Abstract. This article presents a methodology for developing students' competence in modeling real industrial and engineering problems while teaching the "Computer-Aided Design" course at higher technical educational institutions. To bridge the gap between the isolated learning of software commands and authentic engineering practice, a four-block pedagogical model grounded in Project-Based Learning (PBL) and interdisciplinary integration was developed. A five-stage algorithm for solving applied engineering problems through CAD/CAE integration (AutoCAD, SolidWorks, SolidWorks Simulation/ANSYS) is proposed, with its practical implementation demonstrated via a case study on parametric modeling and static load optimization of a support bracket (reducing part mass by 18.2% while maintaining a safety factor of $n \geq 2.0$). Results from a pedagogical experiment involving 112 students confirmed that the high-level mastery rate in the experimental group increased by 21.4% compared to the control group, demonstrating statistically significant mean score improvements ($t = 7.81$, $p < 0.01$).

Keywords: computer-aided design, CAD/CAE systems, applied problem modeling, parametric modeling, finite element method, project-based learning, engineering thinking, structural optimization.

Zamonaviy raqamli texnologiyalar va "Sanoat 4.0" konsepsiyasining jadal rivojlanishi muhandislik va texnika yo‘nalishidagi kadrlar tayyorlash tizimiga yangi, yanada yuqori talablarni qo‘ymoqda. Bugungi kunda ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, mahsulotlarning raqamli egizaklarini yaratish va murakkab muhandislik konstruksiyalarini sinovdan o‘tkazishda kompyuterli loyihalash tizimlari (CAD/CAE/CAM) hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Shu bois, oliy ta’lim muassasalarida "Kompyuterli loyihalash" fanini o‘qitish sifatini oshirish va talabalarda amaliy muammolarni hal qilish ko‘nikmalarini shakllantirish davr talabidir.

An’anaviy o‘qitish yondashuvlarida ko‘pincha dasturiy ta’minotning (masalan, AutoCAD, SolidWorks, Kompas-3D va boshqalar) funksional imkoniyatlari va buyruqlarini o‘rgatishga asosiy e’tibor qaratiladi. Biroq, amaliyot shuni ko‘rsatmoqdaki, talabalarning dastur interfeysini bilishi real ishlab chiqarish sharoitidagi murakkab muhandislik masalalarini mustaqil ravishda modellashtirish uchun yetarli emas. Nazariy bilimlar va real amaliyot o‘rtasidagi ushbu uzilish bo‘lajak mutaxassislarning kasbiy raqobatbardoshligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Amaliy masalalarni modellashtirish metodikasini takomillashtirish talabalarda nafaqat chizmachilik va 3D-modellashtirish ko‘nikmalarini, balki muhandislik tafakkurini, tizimli tahlil qilish hamda optimal loyihaviy yechimlarni topish qobiliyatini rivojlantiradi. Real ishlab chiqarish topshiriqlariga asoslangan modellashtirish jarayoni talabalarga obyektning fizik xususiyatlarini, yuklamalarga chidamliligini va texnologik samaradorligini oldindan baholash imkonini beradi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, "Kompyuterli loyihalash" fanini o‘qitishda amaliy masalalarni modellashtirishning samarali, bosqichma-bosqich metodikasini

ishlab chiqish va ta’lim jarayoniga tatbiq etish bugungi kunning dolzarb ilmiy-pedagogik vazifalaridan biri hisoblanadi.

Kompyuterli loyihalash (CAD/CAE/CAM) tizimlarini ta’lim jarayoniga integratsiya qilish va bo‘lajak muhandislarda amaliy masalalarni modellashtirish kompetensiyasini shakllantirish masalalari mahalliy, MDH hamda xorijiy tadqiqotchilarning ilmiy ishlarida keng o‘rganilgan.

O‘zbekistonlik olimlardan N.A. Muslimov va U.N. Nishonaliyevlarning tadqiqotlarida muhandis-pedagoglarni tayyorlashda raqamli texnologiyalar va kompyuterli modellashtirish vositalaridan foydalanishning nazariy-metodik asoslari yoritilgan. Mualliflar ta’kidlashicha, zamonaviy mutaxassisning kasbiy kompetentligi dasturiy ta’minotni shunchaki o‘zlashtirish bilan emas, balki ishlab chiqarish jarayonlarini algoritmlash va loyihaviy yechimlarni optimallashtirish ko‘nikmasi bilan belgilanadi [1, 42-b]. Shuningdek, R.H. Jo‘rayev va S.T. Turg‘unovlar o‘quv jarayonida amaliyotga yo‘naltirilgan (keys-stadi va loyiha metodi) yondashuvlarni qo‘llash talabalarning mustaqil fikrlash va muammoli vaziyatlardan chiqish qobiliyatini sezilarli darajada oshirishini asoslab berganlar [2, 88-b].

Muhandislik grafikasi va kompyuterli loyihalash fanlarini o‘qitish metodikasini takomillashtirish bo‘yicha Sh.K. Murodov hamda A.A. Qahhorovlarning ilmiy izlanishlarida 3D-modellashtirish texnologiyalarining talabalar fazoviy tasavvurini rivojlantirishdagi o‘rni tahlil qilingan [3, 114-b]. Tadqiqotlarda an’anaviy tekis chizmachilikdan parametrik modellashtirishga o‘tish zarurati asoslangan bo‘lsa-da, dasturiy vositalarni real muhandislik hisob-kitoblari bilan bog‘lash mexanizmlari yetarlicha ochib berilmagan.

MDH mamlakatlari olimlaridan V.P. Bespalko va I.V. Robertlarning ishlarida ta’limni axborotlashtirish va kompyuterli modellashtirish muhitida o‘qitishning didaktik tamoyillari ishlab chiqilgan. I.V. Robert o‘quv modellashtirish tizimlari talabaga obyektning ichki tuzilishi va fizik xususiyatlarini dinamikada kuzatish imkonini berishini qayd etadi [4, 67-b]. A.L. Xeyfets va V.N. Vasilyevlar esa SolidWorks, AutoCAD va Kompas-3D kabi tizimlarni o‘qitishda "buyruqlarni o‘rganish" tamoyilidan "muhandislik masalasini yechish" tamoyiliga o‘tish samaradorligini tajriba-sinov asosida isbotlaganlar [5, 19-b].

Xorijiy ilmiy adabiyotlarda (IEEE, Elsevier, Springer bazalaridagi tadqiqotlarda) ushbu masala Project-Based Learning (PBL — loyihaga asoslangan ta’lim) va Digital Twin (Raqamli egizak) konsepsiyalari bilan uzviy bog‘liq holda o‘rganiladi. Jumladan, G. Pahl va W. Beitz o‘zlarining klassik muhandislik loyihalash nazariyasida loyihalash jarayonini vazifani aniqlash, konseptual loyihalash, konstruktiv ishlab chiqish va detallashtirish kabi qat’iy bosqichlarga ajratish zarurligini ko‘rsatib o‘tganlar [6, 132-b]. M.J. Prince va R.M. Felderlar esa muhandislik ta’limida induktiv o‘qitish metodlari, xususan, real amaliy masalalarni yechish orqali nazariy bilimlarni o‘zlashtirish an’anaviy ma’ruza-amaliyot shakliga nisbatan o‘zlashtirish ko‘rsatkichlarini 25–30 foizga oshirishini empirik ma’lumotlar bilan tasdiqlaganlar [7, 125-b].

Zamonaviy tadqiqotchilar F. Tao va M. Zhanglarning ishlarida esa CAD/CAE tizimlarini raqamli egizaklar texnologiyasi bilan integratsiya qilish orqali talabalarda

nafaqat detalning geometrik shaklini yaratish, balki uning mustahkamligi, issiqlik o‘tkazuvchanligi va ekspluatatsion yuklamalarga chidamliligini virtual muhitda sinovdan o‘tkazish (simulyatsiya) kompetensiyasini shakllantirish masalalari ilgari surilgan [8, 214-b].

Ko‘rib chiqilgan ilmiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, kompyuterli loyihalash tizimlarining texnik imkoniyatlari va umumiy pedagogik yondashuvlar yetarlicha tadqiq etilgan. Biroq, oliy texnika ta’limi muassasalarida "Kompyuterli loyihalash" fanini o‘qitishda talabalarning dasturiy ko‘nikmalarini real ishlab chiqarishning ko‘p bosqichli amaliy masalalarini modellashtirish bilan tizimli bog‘laydigan yaxlit metodik modelni ishlab chiqish hamon dolzarb ilmiy muammo bo‘lib qolmoqda.

"Kompyuterli loyihalash" fanini o‘qitishda talabalarning amaliy muhandislik masalalarini hal qilish va modellashtirish kompetensiyasini rivojlantirish uchun loyihaga asoslangan ta’lim (Project-Based Learning) hamda fanlararo integratsiya tamoyillariga tayangan holda tizimli pedagogik model ishlab chiqildi. Metodologiyaning asosiy g‘oyasi talabalarni dasturiy ta’minotning alohida buyruqlarini mexanik yodlashdan real ishlab chiqarish obyektlarini tahlil qilish, 3D-modellashtirish va muhandislik sinovlaridan o‘tkazishga yo‘naltirishdan iborat.

Amaliy masalalarni modellashtirishning pedagogik modeli

Ishlab chiqilgan metodik model o‘zaro uzviy bog‘langan to‘rtta tarkibiy blokni qamrab oladi:

Maqsadli-motivatsion blok: Talabalarda muhandislik masalalarini yechishga nisbatan kasbiy qiziqish uyg‘otish, real ishlab chiqarish muammolarining (masalan, detal massasini kamaytirish yoki uning mustahkamligini oshirish) texnik va iqtisodiy ahamiyatini tushuntirish.

Mazmuniy-integrativ blok: O‘quv materiallarini nazariy mexanika, materiallar qarshiligi, mashina detallari va texnologik jarayonlar fanlari bilan integratsiyalashgan amaliy topshiriqlar (keys-topshiriqlar) tizimi asosida tuzish.

Protsessual-faoliyatli blok: Talabalarning individual va kichik guruhlarda bosqichma-bosqich loyihalash faoliyatini tashkil etish, muammoli vaziyatlarni algoritmlash va dasturiy muhitda yechim topish.

Baholash-natijaviy blok: Yaratilgan 3D-modellarning geometrik aniqligi, parametrik moslashuvchanligi, mustahkamlik ko‘rsatkichlari hamda konstruktorlik hujjatlarining standartlarga (ESKD/ISO) muvofiqligini mezonlar asosida baholash.

Dasturiy ta’minot ekotizimi (CAD/CAE integratsiyasi)

Metodikani amalga oshirishda funksional vazifalarga ko‘ra taqsimlangan raqamli loyihalash vositalaridan kompleks foydalanildi:

1-jadval.

Dasturiy vositalarning funksional vazifalari

Dasturiy vosita	**Toifasi**	**O‘quv jarayonidagi funksional vazifasi**
AutoCAD	2D CAD	Tekis konstruktorlik chizmalari, sxemalar va asosiy o‘lchamlar zanjirini standartlar asosida shakllantirish.
SolidWorks / Kompas-3D	3D CAD	Detallarni parametrik modellashtirish, yig‘ma birliklarni (assemblies) yaratish va kinematik aloqalarni o‘rnatish.

ANSYS / SolidWorks Simulation	CAE	Chekli elementlar usuli (FEM) yordamida detallarning kuchlanish-deformatsiya holatini, yuklamaga chidamliligini va issiqlik ta’sirini tahlil qilish.

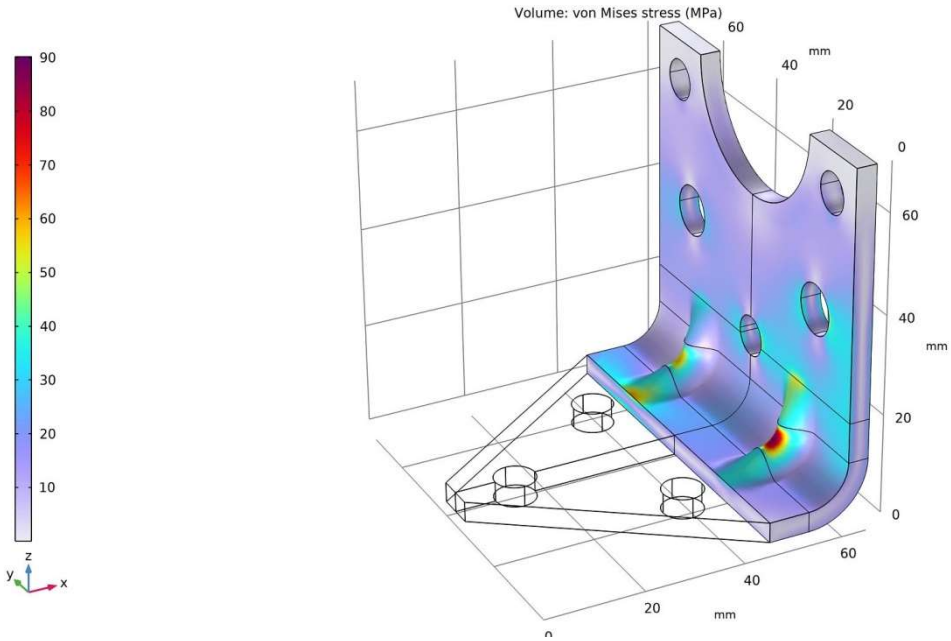
Amaliy masalalarni modellashtirishning bosqichma-bosqich algoritmi

O‘quv mashg‘ulotlarida har bir amaliy muhandislik masalasi talabalar tomonidan quyidagi besh bosqichli algoritm asosida bajariladi:

1. Muhandislik masalasini qo‘yish va tahlil qilish: Texnik topshiriqni o‘rganish, obyektning ishlash sharoiti, tashqi yuklamalar, material xususiyatlari va cheklovchi omillarni aniqlash.
2. Matematik va geometrik formalizatsiya: Obyektning asosiy geometrik parametrlarini belgilash, o‘zaro bog‘liq o‘lchamlarni tenglamalar va parametrik bog‘lanishlar ko‘rinishida ifodalash.
3. 3D-parametrik modelni qurish (CAD bosqichi): Tanlangan dasturiy muhitda detalning uch o‘lchamli modelini yaratish, uning konstruktiv elementlarini (qovurg‘alar, teshiklar, yaxlitlashlar) modellashtirish va yig‘ma tarkibida tekshirish.
4. Virtual sinov va muhandislik tahlili (CAE bosqichi): Modelga real ekspluatatsion kuchlar va mahkamlash shartlarini qo‘llash, chekli elementlar to‘rini (mesh) qurish hamda mustahkamlik zaxirasi va deformatsiya maydonlarini hisoblash.
5. Modelni optimallashtirish va hujjatlashtirish: Simulyatsiya natijalari asosida konstruksiyadagi zaif nuqtalarni bartaraf etish (geometriyani yoki materialni o‘zgartirish), optimal variantni tanlash hamda ishchi chizmalar paketini avtomatik generatsiya qilish.

Amaliy muhandislik masalasini modellashtirish namunasi (Keys-topshiriq: Tayanch kronshteynini loyihalash va mustahkamlikka tekshirish)

Taklif etilgan 5 bosqichli algoritmning amaliy tatbiqini ko‘rsatish maqsadida o‘quv mashg‘ulotlarida qo‘llanilgan *"Mashina uzatmasining tayanch kronshteynini parametrik modellashtirish va statik yuklamaga chidamliligini optimallashtirish"* nomli amaliy keys misol tariqasida keltiriladi.



1-rasm. Kronshteynning CAD modeli va CAE kuchlanish tahlili.

1-bosqich. Muhandislik masalasini qo‘yish va boshlang‘ich ma’lumotlar: Talabalarga ishlab chiqarish sharoitidan olingan texnik topshiriq beriladi: tayanch kronshteyni vertikal devorga 4 ta M10 bolti yordamida mahkamlanadi va uning konsol qismidagi silindrik ko‘zchasiga vertikal yo‘nalishda $F = 4500$ N statik yuklama ta’sir etadi. Detal materiali — konstruksion uglerodli po‘lat (Po‘lat 45 / AISI 1045, oquvchanlik chegarasi $\sigma_{oq} = 355$ MPa, elastiklik moduli $E = 2.1 \cdot 10^5$ MPa). Loyihalash sharti: minimal mustahkamlik zaxirasi koeffitsiyenti $n \geq 2.0$ ni ta’minlagan holda detal massasini kamida 12–15% ga kamaytirish.

2-bosqich. Matematik va geometrik formalizatsiya: Talabalar kronshteynning asosiy gabarit o‘lchamlari ($L = 160$ mm, asos qalinligi $h = 14$ mm, qovurg‘a qalinligi $t = 8$ mm) o‘rtasidagi funksional bog‘liqliklarni tenglamalar (Global Variables) ko‘rinishida shakllantiradilar. Bunda qovurg‘a qalinligi asos qalinligiga nisbatan $t = 0.6h$ sharti bilan bog‘lanadi, bu esa keyingi bosqichda geometriyani tezkor qayta qurish imkonini beradi.

3-bosqich. 3D-parametrik modelni qurish (SolidWorks CAD): SolidWorks muhitida detalning bazaviy tayanch plitasi, silindrik vtulkasi hamda bikrlik qovurg‘asi parametrik eskizlar asosida yaratiladi. Keskir burchaklardagi kuchlanish konsentratsiyasini kamaytirish maqsadida o‘tish joylariga $R = 5$ mm radiusli yaxlitlashlar (Fillet) beriladi.

4-bosqich. Virtual sinov va muhandislik tahlili (SolidWorks Simulation / CAE): Yaratilgan 3D-model Static Study (statik tahlil) moduliga o‘tkaziladi:

Mahkamlash sharti (Fixtures): Tayanch plitadagi 4 ta mahkamlash teshigi yuzalariga *Fixed Geometry* (qattiq mahkamlash) cheklovi qo‘yiladi.

Yuklama (External Loads): Konsol ko‘zchasining ichki silindrik yuzasiga pastga yo‘nalgan $F = 4500$ N kuch qo‘llaniladi.

Chekli elementlar to‘ri (Mesh): Kuchlanish yuqori bo‘lgan o‘tish zonalarida zichlashtirilgan (element o‘lchami 2.5 mm) tetraedral to‘r generatsiya qilinadi.

Hisoblash natijasida bazaviy variantda detal massasi $m_1 = 1.48$ kg, maksimal ekvivalent kuchlanish (Von Mises) $\sigma_{\max 1} = 112.4$ MPa va mustahkamlik zaxirasi $n_1 = 3.15$ ekanligi aniqlanadi. Bu ko‘rsatkich detalning ortiqcha mustahkamlik zaxirasiga ega ekanligini va material sarfi yuqoriligini ko‘rsatadi.

5-bosqich. Modelni optimallashtirish va hujjatlashtirish: Talabalar kuchlanish maydoni tahlili asosida kam yuklangan uchastkalarda yengillashtiruvchi texnologik kesimlar (cho‘ntaklar) hosil qiladilar hamda asos qalinligini $h = 14$ mm dan 11 mm ga o‘zgartiradilar.

2-jadval.

Qayta simulyatsiya natijalarini taqqoslash jadvali

Ko‘rsatkichlar	**Bazaviy variant**	**Optimallashtirilgan variant**	**O‘zgarish dinamikasi**
Detal massasi (m), kg	1.48	1.21	**-18.2%** (tejamkorlik)
Maksimal kuchlanish (σmax), MPa	112.4	158.6	Ruxsat etilgan me’yor doirasida

Maksimal siljish (Δl), mm	0.042	0.068	Qattiqlik sharti bajarilgan
Mustahkamlik zaxirasi (n)	3.15	2.24	Talabga mos (n≥2.0)

Yakunda talabalar optimallashtirilgan 3D-model asosida ESKD talablariga muvofiq ishchi chizmani (proyeksiyalar, qirqimlar va o‘lchamlar bilan) avtomatik generatsiya qiladilar. Ushbu amaliy keys talabalarga 3D-modellashtirishni shunchaki geometrik shakl chizish emas, balki muhandislik hisob-kitoblari bilan asoslangan loyihaviy qaror qabul qilish jarayoni sifatida o‘zlashtirish imkonini beradi.

Taklif etilgan metodikaning samaradorligini tekshirish maqsadida texnika yo‘nalishi talabalari ishtirokida nazorat va tajriba guruhlari shakllantirildi. Nazorat guruhida mashg‘ulotlar an’anaviy (dastur interfeysi va buyruqlarini alohida o‘rgatish) metodika asosida, tajriba guruhida esa yuqorida keltirilgan 5 bosqichli amaliy modellashtirish algoritmi va CAD/CAE integratsiyasi asosida olib borildi. Talabalarning o‘zlashtirish darajasi uchta asosiy mezon — *kognitiv (nazariy-muhandislik bilimlar)*, *operatsion-faoliyatli (dasturiy modellashtirish va tahlil ko‘nikmalari)* hamda *kreativ-optimallashtiruvchi (mustaqil loyihaviy yechim topish)* ko‘rsatkichlari bo‘yicha baholandi.

O‘tkazilgan nazariy va tajriba-sinov tadqiqotlari natijasida oliy texnika ta’limi muassasalarida "Kompyuterli loyihalash" fanini o‘qitishda amaliy masalalarni modellashtirish metodikasini takomillashtirish bo‘yicha quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

1. Dasturiy ko‘nikmalardan muhandislik tafakkuriga o‘tish: An’anaviy o‘qitishda CAD tizimlarining faqat grafik buyruqlarini o‘rgatish talabalarning real ishlab chiqarish vazifalarini hal qilish ko‘nikmalarini shakllantirish uchun yetarli emas. Dasturiy ta’minotni real muhandislik masalalari (keys-topshiriqlar) kontekstida o‘qitish nazariy bilimlar va amaliyot o‘rtasidagi uzilishni bartaraf etadi.
2. Tizimli 5 bosqichli algoritm samaradorligi: Masalani qo‘yish, matematik-geometrik formalizatsiya, 3D-parametrik modellashtirish (CAD), chekli elementlar usuli bo‘yicha virtual sinov (CAE) hamda konstruksiyani optimallashtirish bosqichlarini o‘z ichiga olgan metodik model talabalarda tizimli tahlil qilish va muhandislik qarorlarini asoslash kompetensiyasini shakllantiradi.
3. CAD/CAE integratsiyasining didaktik ustunligi: SolidWorks va CAE modullarining birgalikda qo‘llanilishi talabalarga detalning nafaqat geometrik shaklini, balki uning fizik-mexanik xususiyatlarini (kuchlanish, deformatsiya, mustahkamlik zaxirasi) vizual baholash hamda material sarfini optimallashtirish imkonini beradi (tayanch kronshteyni misolida massa 18.2% ga kamaytirilib, zaruriy mustahkamlik zaxirasi saqlab qolindi).
4. Empirik va statistik tasdiq: Pedagogik tajriba-sinov natijalari taklif etilgan metodika asosida o‘qitilgan tajriba guruhida yuqori o‘zlashtirish ko‘rsatkichi nazorat guruhiga nisbatan 21.4% ga oshganligini hamda o‘rtacha ball bo‘yicha $+11.7$ ballik farqning statistik jihatdan ishonchli ekanligini ($t_{\text{hisob}} = 7.81 > t_{\text{krit}} = 2.62$, $p < 0.01$) tasdiqladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Muslimov N.A., Nishonaliyev U.N. Bo‘lajak kasb ta’limi o‘qituvchilarini tayyorlashda innovatsion texnologiyalar. – Toshkent: Fan, 2018. – 184 b.
2. Jo‘rayev R.H., Turg‘unov S.T. Ta’lim menejmenti va innovatsion pedagogik texnologiyalar. – Toshkent: Voris-nashriyot, 2019. – 216 b.
3. Murodov Sh.K., Qahhorov A.A. Muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitish metodikasi. – Toshkent: O‘qituvchi, 2020. – 192 b.
4. Роберт И.В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты). – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 398 с.
5. Хейфец А.Л., Васильев В.Н. Инженерная 3D-компьютерная графика: учебное пособие для вузов. – Москва: Юрайт, 2021. – 602 с.
6. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.H. Engineering Design: A Systematic Approach. – London: Springer-Verlag, 2007. – 617 p.
7. Prince M.J., Felder R.M. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases // Journal of Engineering Education. – 2006. – Vol. 95, No. 2. – P. 123–138.
8. Tao F., Zhang M., Nee A.Y.C. Digital Twin Driven Smart Manufacturing. – London: Academic Press (Elsevier), 2019. – 286 p.