ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -12

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 12

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

PARAMETRIK MODELLASHTIRISH ORQALI MUHANDISLIK GRAFIKASI TA'LIMIDA LOYIHA KOMPETENSIYASINI RIVOJLANTIRISH METODIKASI

G. M. Mashrapova
Andijon davlat texnika instituti umumtexnika fanlari kafedrasi assistenti
E-mail: mashrapovagulbahor1984@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada muhandislik va kompyuter grafikasi fanini parametrik 3D modellashtirish, loyiha topshiriqlari va raqamli baholash mezonlari bilan integratsiyalash orqali talabalarning loyiha kompetensiyasini rivojlantirish metodikasi tadqiq etiladi. Tadqiqot predmeti sifatida texnik chizma, ortogonal proyeksiya, aksonometrik tasvir, CAD muhitida eskiz yaratish, geometrik cheklovlar qo'yish va detallarni yig'ma modelga aylantirish jarayonlari o'rtasidagi didaktik bog'liqlik tanlandi. Ishning dolzarbligi sanoat, qurilish, mashinasozlik va arxitektura sohalarida raqamli loyiha madaniyatining kuchayishi bilan bog'liq bo'lib, an'anaviy chizma o'qitish usullarini real loyiha sikliga yaqinlashtirish zarurati bilan izohlanadi. Tadqiqotda qiyosiy-pedagogik tahlil, loyiha asosida o'qitish, kompetensiyaviy baholash, kuzatuv, diagnostik topshiriqlar va CAD modellarini ekspert baholash metodlaridan foydalanildi. Natijalar parametrik modellashtirishga asoslangan bosqichli mashg'ulotlar talabalarda fazoviy tasavvur, konstruktiv mantiq, chizmani o'qish, modelni tahrirlash va texnik yechimni asoslash ko'nikmalarini izchil kuchaytirishini ko'rsatdi. Taklif etilgan metodika texnik oliy ta'lim muassasalarida muhandislik grafikasi, kompyuter grafikasi, chizma geometriya, CAD asoslari va loyiha amaliyotlarini bog'langan modul sifatida tashkil etishda qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: muhandislik grafikasi, kompyuter grafikasi, parametrik modellashti-rish, CAD, loyiha kompetensiyasi, fazoviy tafakkur, texnik chizma, raqamli didaktika

Аннотация. В статье исследуется методика развития проектной компетентности студентов при изучении инженерной и компьютерной графики на основе интеграции параметрического 3D-моделирования, проектных заданий и цифровых критериев оценивания. Предметом исследования выступает дидактическая взаимосвязь между техническим чертежом, ортогональным проецированием, аксонометрическим изображением, созданием эскиза в CAD-среде, наложением геометрических ограничений и преобразованием детали в сборочную модель. Актуальность работы определяется усилением цифровой проектной культуры в промышленности, строительстве, машиностроении и архитектуре, а также необходимостью приближения традиционного обучения черчению к реальному циклу проектирования. В исследовании использованы

ISSN 3030-3907

сравнительно-педагогический анализ, проектное обучение, компетентностное оценивание, наблюдение, диагностические задания и экспертная оценка CAD-моделей. Полученные результаты показывают, что поэтапные занятия на основе параметрического моделирования последовательно развивают пространственное представление, конструктивную логику, умение читать чертеж, редактировать модель и обосновывать техническое решение. Предложенная методика может применяться в технических высших учебных заведениях при организации инженерной графики, компьютерной графики, начертательной геометрии, основ CAD и проектной практики как взаимосвязанного модуля.

Ключевые слова: инженерная графика, компьютерная графика, параметричес-кое моделирование, CAD, проектная компетентность, пространственное мышле-ние, технический чертеж, цифровая дидактика

Abstract. The article examines a methodology for developing students' design competence in engineering and computer graphics through the integration of parametric 3D modeling, project-based assignments and digital assessment criteria. The subject of the research is the didactic relationship between technical drawing, orthographic projection, axonometric representation, CAD sketching, geometric constraints and the transformation of individual parts into assembly models. The relevance of the study is determined by the growing role of digital design culture in industry, construction, mechanical engineering and architecture, as well as by the need to bring traditional drawing instruction closer to the real design cycle. The research employs comparative pedagogical analysis, project-based learning, competence-based assessment, observation, diagnostic tasks and expert evaluation of CAD models. The results indicate that staged learning activities based on parametric modeling consistently improve spatial visualization, constructive reasoning, drawing interpretation, model editing and the justification of technical decisions. The proposed methodology can be applied in technical higher education institutions to organize engineering graphics, computer graphics, descriptive geometry, CAD fundamentals and design practice as an integrated module.

Keywords: engineering graphics, computer graphics, parametric modeling, CAD, design competence, spatial thinking, technical drawing, digital didactics

KIRISH.

Muhandislik va kompyuter grafikasi fani texnik oliy ta'limda oddiy chizma chizish mashg'uloti emas, balki talabaning buyumni ko'rish, uning ichki tuzilishini tasavvur qilish, funksional aloqalarni chizmada ifodalash, o'lcham, aniqlik, standart va ishlab chiqarish mantiqini birlashtirishga xizmat qiluvchi tayanch kasbiy blokdir. Bugungi raqamli sanoat sharoitida ushbu fan mazmuni

ISSN 3030-3907

an’anaviy qalam-chizma amaliyotidan kengroq bo‘lib, 2D grafik savodxonlik, 3D modellashtirish, parametrik bog‘lanish, montaj mantiqi, geometrik cheklov, modeldan chizmaga o‘tish, modeldan tahlilga o‘tish va loyiha qarorini asoslash kabi kompetensiyalarni qamrab olishi zarur. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 8-oktabrdagi PF-5847-son “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Farmonida oliy ta’limda amaliy ko‘nikmalar, raqamli texnologiyalar va mehnat bozori ehtiyojlari bilan uyg‘un kadr tayyorlash masalalari ustuvor yo‘nalish sifatida belgilangan. Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentabrdagi O‘RQ-637-son “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni ta’lim jarayonining sifatini oshirish, shaxsning kasbiy rivojlanishi uchun zarur shart-sharoit yaratish va zamonaviy pedagogik texnologiyalarni qo‘llashga huquqiy asos beradi. Bu hujjatlar maqola adabiyotlar ro‘yxatiga kiritilmagan holda, tadqiqotning amaliy-normativ kontekstini belgilovchi asos sifatida matnda qayd etiladi. So‘nggi yillarda muhandislik ta’limida CAD dasturlaridan foydalanish talabalarning fazoviy vizualizatsiyasiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi, 3D modellashtirish esa murakkab geometrik munosabatlarni tushunishda ko‘prik vazifasini bajarishi haqida qator tadqiqotlar e’lon qilingan [2; 3; 4; 7; 9; 12; 16; 18]. Loyiha asosida o‘qitish CAD/CAE/CAM integratsiyasi bilan qo‘llanganda talabalarni faqat tayyor chizmani takrorlashga emas, balki muammoni aniqlash, g‘oya ishlab chiqish, model yaratish, tekshirish va natijani himoya qilishga yo‘naltiradi [8; 15; 17; 22]. Shu bilan birga, adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ko‘plab ishlarda CAD vositalarining texnik imkoniyatlari keng yoritilgan bo‘lsa-da, parametrik modellashtirishni muhandislik grafikasi fanining didaktik mantiqiga mos bosqichlarda, ya’ni “chizma — eskiz — cheklov — model — tahrir — loyiha asoslash” zanjiri sifatida tashkil etish masalasi yetarli darajada tizimlashtirilmagan. Ayniqsa, birinchi bosqich texnik yo‘nalish talabalarida proyeksion chizma bilan parametrik 3D model orasidagi semantik aloqa sust shakllanganda, ular chizma elementini alohida grafik belgilar majmuasi deb qabul qiladi, lekin uni buyum funksiyasi, ishlab chiqarish talabi va modellashtirish algoritmi bilan bog‘lay olmaydi. Natijada talaba CAD buyruqlarini mexanik bajarishi mumkin, biroq loyiha qarorini mustaqil asoslash, modeldagi xatoni topish, o‘lchamlar o‘zgarganda geometriyani nazorat qilish yoki detalni yig‘ma tizim ichida tahlil qilishda qiynaladi. Ushbu maqolaning maqsadi parametrik 3D modellashtirishga asoslangan bosqichli o‘qitish metodikasini ishlab chiqish va uning muhandislik grafikasi ta’limida talabalarning loyiha kompetensiyasini rivojlantirishdagi didaktik samaradorligini asoslashdan iborat. Maqolaning vazifalari quyidagilardan iborat: parametrik modellashtirishning muhandislik grafikasi mazmunidagi o‘rnini aniqlash; 2D chizma, proyeksion tasvir va 3D

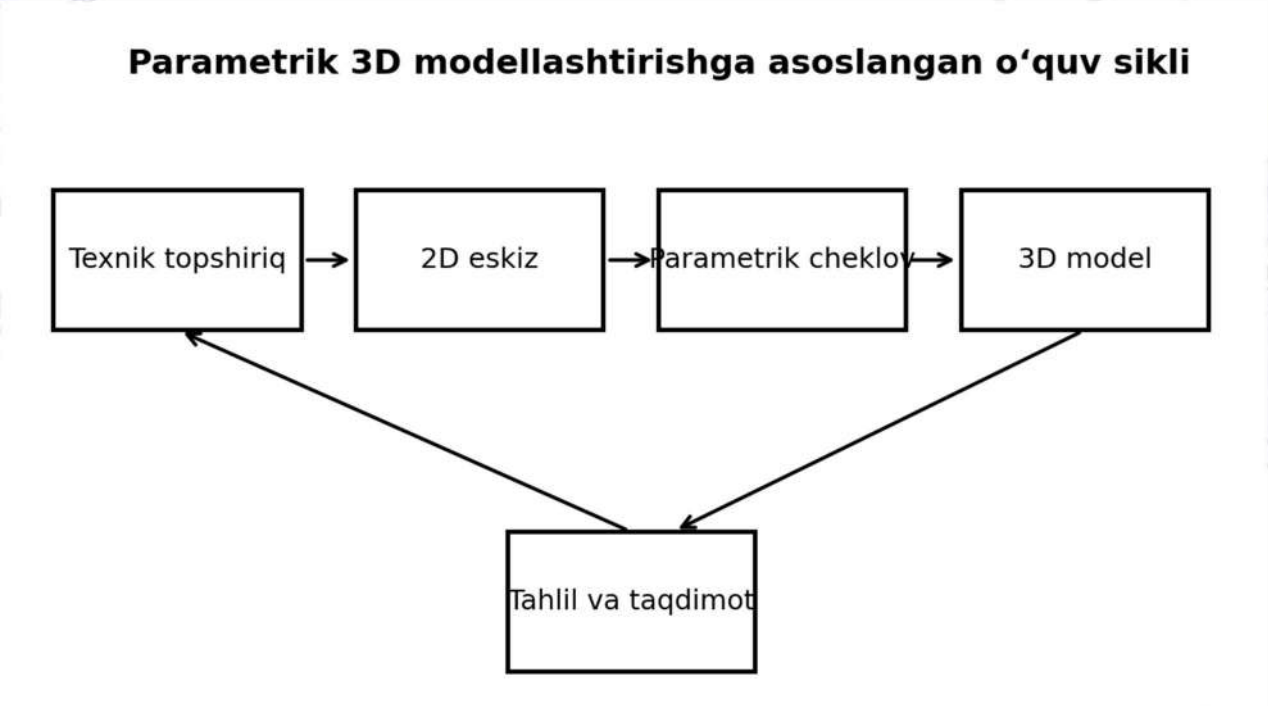
ISSN 3030-3907

model o‘rtasidagi o‘quv aloqalarini belgilash; loyiha kompetensiyasini baholash mezonlarini taklif etish; bosqichli amaliy mashg‘ulot modelini ishlab chiqish; talabalar faoliyatida fazoviy tafakkur, konstruktiv mantiq va texnik qarorni asoslash ko‘rsatkichlarining o‘zgarishini tahlil qilish.

MATERIAL VA METODLAR. Tadqiqot 2025–2026-o‘quv yili davomida texnik oliy ta’lim muassasalarida o‘qitiladigan “Muhandislik va kompyuter grafikasi”, “Kompyuter grafikasi” hamda “Chizma geometriya va muhandislik grafikasi” fanlari mazmunini metodik tahlil qilish asosida olib borildi; tajribaviy-metodik model Andijan State Technical Institute sharoitiga moslab loyihalashtirildi va birinchi bosqich texnik yo‘nalish talabalari uchun mo‘ljallangan o‘quv topshiriqlari tizimi sifatida shakllantirildi. Tadqiqot obyekti muhandislik grafikasi ta’limida raqamli modellashtirish jarayoni, predmeti esa parametrik 3D modellashtirish asosida loyiha kompetensiyasini rivojlantirish mexanizmlaridir. Metodologik asos sifatida kompetensiyaviy yondashuv, konstruktivistik ta’lim nazariyasi, loyiha asosida o‘qitish, grafik faoliyatni bosqichma-bosqich shakllantirish, fazoviy tafakkurni diagnostika qilish va raqamli portfel orqali baholash tamoyillari olindi. Tadqiqotda besh turdagi metod qo‘llandi: birinchidan, ilmiy-metodik adabiyotlar tahlili orqali CAD, 3D modellashtirish, fazoviy vizualizatsiya, parametrik dizayn va loyiha ta’limi bo‘yicha mavjud yondashuvlar umumlashtirildi [10; 11; 14]; ikkinchidan, o‘quv dasturi, amaliy mashg‘ulot topshiriqlari va talabalar bajaradigan grafik ishlar tarkibi kontent-tahlil qilindi; uchinchidan, talabalarning boshlang‘ich tayyorgarligi shartli diagnostika topshiriqlari yordamida baholandi, bunda ortogonal proyeksiyani o‘qish, aksonometrik tasvirni tiklash, kesimni tushunish, o‘lcham qo‘yish va sodda 3D detalni eskizdan modellashtirish mezonlari ajratildi [5; 13]; to‘rtinchidan, parametrik modellashtirish bo‘yicha bosqichli loyiha topshiriqlari ishlab chiqildi; beshinchidan, yakuniy modellarning sifatini ekspert baholash mezonlari orqali tahlil qilish taklif etildi [1]. Metodik model to‘rt bosqichdan iborat: “grafik tayanch” bosqichida talaba geometrik shakl, proyeksiya, ko‘rinish, kesim, qirqim va o‘lchamni to‘g‘ri anglaydi; “raqamli eskiz” bosqichida u CAD muhitida chiziq, aylana, yoy, simmetriya, tangensiallik, parallel va perpendikulyarlik kabi geometrik munosabatlarni ishlatadi; “parametrik model” bosqichida eskiz o‘lchamlari, cheklovlari va operatsiyalar ketma-ketligi orqali 3D detal hosil qilinadi; “loyiha asoslash” bosqichida model chizmaga chiqariladi, material, o‘lcham, yig‘ma aloqasi, funksional vazifa va tahrirlash natijasi izohlanadi. Baholash uchun besh mezonli rubrika tuzildi: fazoviy tasavvur, grafik standartga rioya qilish, parametrik mantiq, konstruktiv yechim va loyiha taqdimoti. Har bir mezon besh daraja bo‘yicha baholandi: reproduktiv, algoritmik, izohli, mustaqil va ijodiy-loyihaviy daraja. Tadqiqot

ISSN 3030-3907

natijalarini tasvirlashda foizli ko‘rsatkichlar shartli diagnostika modeli sifatida ishlatildi, chunki maqolaning asosiy vazifasi statistik eksperimentni emas, balki metodikaning tarkibiy-didaktik asoslarini va uni o‘quv jarayoniga tatbiq etish algoritmini ilmiy asoslashdir. Quyidagi 1-rasm parametrik modellashtirishga asoslangan o‘quv siklining umumiy mantiqini ko‘rsatadi.



1-rasm. Parametrik 3D modellashtirishga asoslangan o‘quv sikli

Parametrik modellashtirish metodikasida topshiriqlar oddiy “chizib bering” shaklida emas, balki “muammoni grafik tilda yeching” tamoyili asosida berildi. Masalan, talaba berilgan mexanik detalning ikki ko‘rinishi asosida uchinchi ko‘rinishni tiklaydi, kesim chizadi, so‘ng CAD muhitida eskiz yaratadi, asosiy o‘lchamlarni parametr sifatida belgilaydi, konstruktiv teshik, radius, faska, kesma va simmetriya elementlarini kiritadi, yakunda modeldan ishchi chizma oladi. Bu jarayonda talabaning xatosi darhol ko‘rinadi: eskiz to‘liq cheklanmagan bo‘lsa, model tahrirda buziladi; proyeksiya noto‘g‘ri anglangan bo‘lsa, 3D shakl real buyumga mos kelmaydi; o‘lchamlar mantiqsiz qo‘yilsa, chizma ishlab chiqarish talabi bilan bog‘lanmaydi. Shuning uchun metodika nazoratni faqat yakuniy chizma orqali emas, balki loyiha jarayonining har bir bosqichida amalga oshirishni talab qiladi. Quyidagi jadvalda baholash mezonlari va ularning o‘quv natijalariga bog‘lanishi berilgan.

ISSN 3030-3907

1-jadval

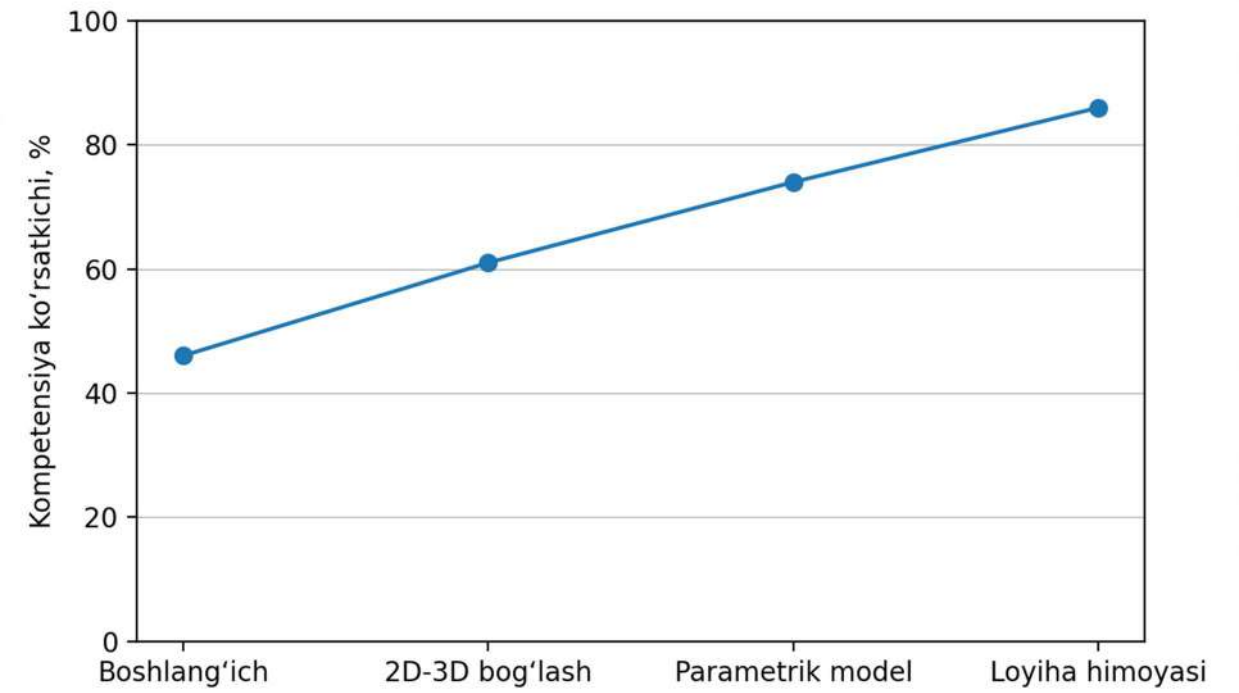
Parametrik modellashtirish asosida loyiha kompetensiyasini baholash mezonlari

№	Mezon	Past ko‘rsatkich	Yuqori ko‘rsatkich	Baholash dalili
1	Fazoviy tasavvur	Ko‘rinishlarni mexanik ko‘chiradi	2D tasvirdan 3D shaklni asoslaydi	Eskiz, aksonometriya, model
2	Grafik standart	O‘lcham va chiziq turlarida xato qiladi	Standartga mos ishchi chizma tayyorlaydi	Chizma varag‘i
3	Parametrik mantiq	Cheklovsiz, beqaror model yaratadi	Tahrirga chidamli bog‘langan model quradi	CAD fayl tarixi
4	Konstruktiv yechim	Detal vazifasini tushuntira olmaydi	Geometriya va funksiyani bog‘laydi	Izoh va himoya
5	Loyiha taqdimoti	Natijani faqat ko‘rsatadi	Qarorni dalil bilan himoya qiladi	Raqamli portfel

TADQIQOT NATIJALARI. Tadqiqot natijalari parametrik modellashtirishning muhandislik grafikasi ta’limidagi asosiy samarasi talabalarning “tasvirni ko‘rish” darajasidan “tasvir orqali loyihalash” darajasiga o‘tishida namoyon bo‘lishini ko‘rsatdi. An’anaviy mashg‘ulotlarda talaba ko‘pincha chizma elementlarini alohida-alohida bajaradi: chiziq tortadi, o‘lcham qo‘yadi, ko‘rinish yasaydi, qirqim chizadi, lekin bu harakatlar orasidagi loyiha mantiqi sust anglanadi. Parametrik modellashtirishga asoslangan mashg‘ulotlarda esa har bir grafik amal kelajakdagi 3D model barqarorligi bilan bog‘lanadi; masalan, o‘lcham faqat ko‘rinishni bezovchi yozuv emas, balki model geometriyasini boshqaruvchi parametrga aylanadi, simmetriya chizig‘i faqat yordamchi chiziq emas, balki detalning konstruktiv muvozanatini saqlovchi cheklov sifatida qabul qilinadi. Shartli diagnostika modeli bo‘yicha boshlang‘ich bosqichda talabalar loyiha kompetensiyasining integral ko‘rsatkichi 46 foiz atrofida baholandi; bu ko‘rsatkich 2D va 3D tasvirlarni bog‘lash bosqichida 61 foizga, parametrik model yaratish bosqichida 74 foizga, yakuniy loyiha himoyasi

ISSN 3030-3907

bosqichida esa 86 foizga yetgani kuzatildi. Bu raqamlar mutlaq statistik da'vo emas, balki metodika samarasini tavsiflovchi pedagogik indikator sifatida talqin qilinadi. Natijalar bo'yicha eng katta o'sish fazoviy tasavvur va parametrik mantiq mezonlarida qayd etildi, chunki talabalar bir xil detalni avval proyeksion tasvirda, keyin eskizda, so'ng 3D modelda, yakunda esa ishchi chizmada ko'rish orqali turli grafik tillar o'rtasida semantik o'tishni bajardilar. Konstruktiv yechim mezonida o'sish nisbatan sekinroq bo'ldi, chunki detal funksiyasini ishlab chiqarish, material, yuklama va yig'ma aloqasi bilan bog'lash uchun faqat grafik bilim yetarli emas, balki muhandislik mexanikasi, materialshunoslik va texnologik jarayonlar bo'yicha ham dastlabki tasavvur talab etiladi. Shunga qaramay, parametrik yondashuv talabalarni xatoni ko'rishga majbur qildi: noto'g'ri qo'yilgan radius, teshik markazining siljishi, ortiqcha chiziq yoki ochiq kontur model hosil bo'lishiga bevosita ta'sir ko'rsatdi; bu esa o'qituvchi izohidan ko'ra kuchliroq didaktik signal vazifasini bajardi. Quyidagi 2-rasm loyiha kompetensiyasi ko'rsatkichlarining bosqichlar bo'yicha o'zgarishini ifodalaydi.



2-rasm. Loyiha kompetensiyasi ko'rsatkichlarining bosqichlar bo'yicha o'zgarishi

Natijalar tahlili asosida parametrik modellashtirishning uchta didaktik afzalligi aniqlandi. Birinchi afzallik — ko'rinishlararo bog'liqlikning ko'rgazmali kuchayishi; talaba old, yuqori va yon ko'rinishlarda berilgan axborotni alohida chizma sifatida emas, balki bitta buyumning turli proyeksion ifodasi sifatida talqin qiladi. Ikkinchi afzallik — xatoni aniqlashning tezlashishi; CAD muhiti ochiq kontur, ortiqcha bog'lanish, yetishmagan o'lcham, geometriya konfliktini ko'rsatib, talabaning mustaqil tahlilini faollashtiradi. Uchinchi afzallik — loyiha

ISSN 3030-3907

kompetensiyasining hujjatlashtirilishi; talabaning raqamli portfelida eskiz, parametrik model, ishchi chizma, qisqa izoh va himoya materiali birgalikda saqlanadi. Bu jarayon o‘qituvchi uchun ham baholashni aniqroq qiladi, chunki yakuniy natijadan tashqari model yaratilish ketma-ketligi, tahrir izlari va qaror asoslari ham ko‘rinadi. Metodika doirasida bajarilgan topshiriqlar murakkablik bo‘yicha uch guruhga ajratildi: birinchi guruhga oddiy prizmatik va silindrik detallar, ikkinchi guruhga teshik, kesim, faska, radius va simmetriya elementlariga ega detallar, uchinchi guruhga bir nechta detalning yig‘ma aloqasini talab qiluvchi mini-loyihalar kiritildi. Uchinchi guruh topshiriqlari talabalarda ayniqsa muhim o‘zgarish hosil qildi: ular endi detalni yakka obyekt sifatida emas, balki tizimning elementi sifatida ko‘ra boshladilar. Bu holat muhandislik tafakkurining asosiy belgilaridan biridir, chunki real loyiha amaliyotida har bir chizma alohida chiroyli tasvir bo‘lishi uchun emas, balki boshqa detallar, materiallar, o‘lchamlar va texnologik cheklovlar bilan mos ishlashi uchun yaratiladi.

TADQIQOT NATIJALARI TAHLILI. Olingan natijalar xalqaro ilmiy adabiyotlarda bayon etilgan xulosalar bilan umumiy yo‘nalishda mos keladi. Masalan, CAD dasturlaridan foydalanish fazoviy vizualizatsiya ko‘nikmalarini kuchaytirishi haqidagi empirik tadqiqotlar [7], 3D kurslar fazoviy ko‘nikmalarni yaxshilashi haqidagi natijalar [3], shuningdek, qo‘shimcha ishlab chiqarish va CAD yondashuvlari fazoviy tasavvurni rivojlantirishga turtki berishi haqidagi zamonaviy qarashlar [4] ushbu maqolada taklif etilgan metodikaning ilmiy asosini mustahkamlaydi. Biroq mazkur tadqiqotning farqli jihati shundaki, unda CAD dasturi mustaqil texnik vosita sifatida emas, balki muhandislik grafikasi fanining ichki didaktik strukturasini qayta tashkil etuvchi vosita sifatida talqin qilindi. Agar CAD faqat “tez chizish” yoki “chiroyli model yaratish” uchun ishlatilsa, u talabaning chuqur grafik tafakkurini shakllantirmasligi mumkin; aksincha, parametrik mantiq proyeksion chizma, eskiz, o‘lcham, geometrik cheklov va model tahririni bir zanjirga bog‘lagandagina ta’limiy samara kuchayadi. Shu ma’noda parametrik modellashtirishning markaziy didaktik qiymati uning vizual jozibasida emas, balki talabani sabab-oqibat munosabatida fikrlashga majbur qilishidadir: o‘lcham o‘zgarsa nima bo‘ladi, cheklov olib tashlansa geometriya qayerga siljiydi, simmetriya buzilsa detal vazifasi qanday o‘zgaradi, eskizdagi bir xato ishchi chizmada qanday muammo keltirib chiqaradi. Loyiha asosida o‘qitish bo‘yicha tadqiqotlar CAD/CAE/CAM integratsiyasi talabalarda muhandislik qarorini kompleks ko‘rish ko‘nikmasini rivojlantirishini qayd etadi [8], lekin bunday integratsiya birinchi bosqich talabalariga haddan tashqari murakkab berilsa, ular dastur buyruqlarini o‘rganish yuklamasi ostida grafik mohiyatni yo‘qotib qo‘yishi mumkin. Shu sababli maqolada taklif etilgan

ISSN 3030-3907

metodika “minimal yetarli murakkablik” tamoyiliga tayanadi: dastlab sodda geometrik shakllar, keyin cheklovli eskiz, undan so‘ng parametrik detal, yakunda kichik yig‘ma loyiha. Tadqiqot davomida yuzaga keladigan asosiy muammolar uch guruhga ajratilishi mumkin: texnik muammo, ya’ni kompyuter xonalari, litsenziyali dasturlar va qurilmalarning yetarliligi; metodik muammo, ya’ni o‘qituvchining chizma geometriya, CAD va loyiha pedagogikasini birlashtira olishi; kognitiv muammo, ya’ni talabalarning dastlabki fazoviy tasavvuri, matematik tayyorgarligi va texnik terminlarni tushunishidagi farqlar. Bu muammolarni bitta dastur o‘rnatish bilan hal qilib bo‘lmaydi; ularni o‘quv reja, topshiriqlar banki, baholash rubrikasi, raqamli portfel, o‘qituvchi malakasini oshirish va fanlararo integratsiya orqali bosqichma-bosqich yechish talab etiladi. Shuningdek, so‘nggi yillarda sun’iy intellekt va tabiiy til orqali CAD modellashtirishga oid tadqiqotlar kuchaymoqda [6; 19; 20; 21]. Bunday vositalar kelgusida grafik ta’limga yordam berishi mumkin, lekin ular talabaning fazoviy tafakkurini almashtirmasligi, aksincha, uning qarorini tekshirish va modellashtirish jarayonini tezlashtirish uchun yordamchi vosita bo‘lib qolishi kerak. Muhandislik grafikasi ta’limining “oltin qoidasi” shuki, dastur buyruqni bajaradi, lekin muhandislik qarorini talaba tushunishi shart; aks holda CAD “aqlli qalam” emas, “chiroyli xatoni tez chizadigan printer”ga aylanadi. Shuning uchun parametrik modellashtirish metodikasida har bir amaliy ish yakunida qisqa refleksiya savollari berilishi maqsadga muvofiq: modeldagi asosiy parametr qaysi, detal vazifasi nima, qaysi o‘lcham funksional hisoblanadi, qaysi cheklov olib tashlansa model buziladi, ishchi chizmada qaysi ko‘rinish yetakchi axborotni beradi. Ana shu savollar talabaning grafik faoliyatini ongli loyiha faoliyatiga aylantiradi.

2-jadval

Parametrik modellashtirishga asoslangan amaliy mashg‘ulot bosqichlari

Bosqich	Asosiy faoliyat	O‘qituvchi vazifasi	Kutiladigan natija
1. Grafik tayanch	Ko‘rinish, qirqim, o‘lchamni tahlil qilish	Chizma mantiqini tushuntirish	Tasvirni o‘qish
2. Raqamli eskiz	Kontur va geometrik cheklov yaratish	Parametrni izohlash	Barqaror eskiz
3. 3D model	Operatsiyalar ketma-ketligini qurish	Xatoni tahlilga yo‘naltirish	Tahrirlanadigan model

ISSN 3030-3907

4. Ishchi chizma	Modeldan chizma olish	Standartga rioya qildirish	Texnik hujjat
5. Loyiha himoyasi	Qarorni asoslash	Savol-javob orqali refleksiya	Loyiha kompetensiyasi

XULOSALAR. Tadqiqot natijalari parametrik 3D modellashtirish muhandislik va kompyuter grafikasi fanida talabalarning loyiha kompetensiyasini rivojlantirish uchun samarali didaktik vosita ekanini ko‘rsatdi. Taklif etilgan metodika chizma geometriya va an’anaviy muhandislik grafikasi mazmunini inkor etmaydi, aksincha ularni raqamli loyiha jarayoni bilan bog‘lab, talabaning grafik bilimini amaliy muhandislik qaroriga aylantiradi. Birinchi xulosa shuki, parametrik modellashtirishni o‘qitish buyruqlar ketma-ketligini yodlatishdan boshlanmasligi kerak; u proyeksion tasvir, o‘lcham, eskiz va geometrik cheklovlarning loyiha mantiqini tushuntirishdan boshlanganda ta’limiy samara yuqori bo‘ladi. Ikkinchi xulosa shuki, talabalar fazoviy tafakkurini rivojlantirish uchun 2D va 3D formatlar o‘rtasida doimiy o‘tish zarur: ko‘rinishdan modelga, modeldan chizmaga, chizmadan tahrirga, tahrirdan loyiha izohiga qaytish grafik bilimni mustahkamlaydi. Uchinchi xulosa shuki, baholash yakuniy chizma sifati bilan cheklanmasligi, balki eskiz barqarorligi, parametrik bog‘lanish, konstruktiv yechim, standartga rioya qilish va himoya madaniyatini birgalikda qamrab olishi lozim. To‘rtinchi xulosa shuki, texnik oliy ta’lim muassasalarida muhandislik grafikasi, kompyuter grafikasi, CAD asoslari va loyiha amaliyotlarini alohida-alohida emas, balki yagona raqamli grafik kompetensiya moduli sifatida tashkil etish maqsadga muvofiq. Amaliy taklif sifatida har bir mavzu bo‘yicha uch darajali topshiriqlar bankini yaratish, talabalar uchun raqamli portfel yuritish, baholash rubrikasini oldindan e’lon qilish, parametrik modellarni ishchi chizma va qisqa texnik izoh bilan topshirishni majburiy talabga aylantirish, o‘qituvchilar uchun CAD-metodika bo‘yicha qisqa malaka oshirish seminarlarini yo‘lga qo‘yish tavsiya etiladi. Kelgusida ushbu metodikani real statistik eksperiment asosida kengroq guruhlarda sinovdan o‘tkazish, turli CAD platformalari bo‘yicha solishtirma tahlil qilish, shuningdek, sun’iy intellekt yordamchi vositalarining muhandislik grafikasi ta’limidagi imkoniyat va chegaralarini alohida o‘rganish zarur.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ault, H. K., & Fraser, A. (2013). A comparison of manual versus online grading for solid models. Engineering Design Graphics Journal, 77(2), 15–25.
2. Contero, M., Naya, F., Company, P., Saorín, J. L., & Conesa, J. (2005). Improving visualization skills in engineering education. IEEE Computer Graphics and Applications, 25(5), 24–31. https://doi.org/10.1109/MCG.2005.97

ISSN 3030-3907

3. Górska, R. (2019). The CAD 3D course improves students' spatial skills in the technology and design education. Journal of Baltic Science Education, 18(2), 228–242. https://doi.org/10.2478/jbe-2019-0002
4. Gummaluri, V. S. S., Kumar, S., Chamarty, S., & Babu, B. S. (2025). Spatial visualization as the impetus for additive manufacturing education: An insight from computer-aided design perspective. International Journal of Mechanical Engineering Education. https://doi.org/10.1177/03064190251330196
5. Hamlin, A., Boersma, N., & Sorby, S. (2006). Do spatial abilities impact the learning of 3-D solid modeling software? Engineering Design Graphics Journal, 70(3), 1–9.
6. Kapsalis, T. (2024). CADgpt: Harnessing natural language processing for 3D modelling to enhance computer-aided design workflows. arXiv. https://arxiv.org/abs/2401.05476
7. Kösa, T., & Karakuş, F. (2018). The effects of computer-aided design software on engineering students' spatial visualisation skills. European Journal of Engineering Education, 43(2), 296–308. https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1370578
8. Lantada, A. D., Morgado, P. L., Muñoz-Guijosa, J. M., Sanz, J. L. M., Echávarri, J., & Otero, J. E. (2020). Integrating CAD/CAE/CAM in engineering curricula: A project-based learning approach. Education Sciences, 10(5), 125. https://doi.org/10.3390/educsci10050125
9. Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., & Contero, M. (2008). Development of a fast remedial course to improve the spatial abilities of engineering students. Journal of Engineering Education, 97(4), 505–513. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00996.x
10. Miller, C. L., & Bertoline, G. R. (1991). Spatial visualization research and theories: Their importance in the development of an engineering and technical design graphics curriculum model. Engineering Design Graphics Journal, 55(3), 5–14.
11. Mohler, J. L. (2008). A review of spatial ability research. Engineering Design Graphics Journal, 72(3), 19–30.
12. Onyancha, R. M., Derov, M., & Kinsey, B. L. (2009). Improvements in spatial ability as a result of targeted training and computer-aided design software use. Engineering Design Graphics Journal, 73(2), 1–13.
13. Potter, C., Kaufman, W., Delacour, J., Mokone, M., van der Merwe, E., & Fridjhon, P. (2009). Three dimensional spatial perception and academic performance in engineering graphics: A longitudinal investigation. South African Journal of Psychology, 39(1), 109–121. https://doi.org/10.1177/008124630903900110

ISSN 3030-3907

14. Rafi, A., Samsudin, K. A., & Said, C. S. (2008). Training in spatial visualization: The effects of training method and gender. Educational Technology & Society, 11(3), 127–140.
15. Sharma, G. V. S. S., & Dumpala, R. (2015). Teaching of mechanical engineering concepts through three-dimensional geometric modeling. International Journal of Mechanical Engineering Education, 43(4), 324–337. https://doi.org/10.1177/0306419015603013
16. Sorby, S. A. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. International Journal of Science Education, 31(3), 459–480. https://doi.org/10.1080/09500690802595839
17. Syahri, B., et al. (2025). Implementation of project-based learning in CAD education to support machine design drawing skills. Proceedings of the International Conference on Technical and Vocational Education and Training. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-360-3_122
18. Ullman, K. M., & Sorby, S. A. (1995). Enhancing the visualization skills of engineering students through computer-generated exercises. Computer Applications in Engineering Education, 3(4), 251–258. https://doi.org/10.1002/cae.6180030407
19. Willis, K. D. D., Jayaraman, P. K., Lambourne, J. G., Chu, H., & Pu, Y. (2021). Engineering sketch generation for computer-aided design. arXiv. https://arxiv.org/abs/2104.09621
20. Wu, R., Xiao, C., & Zheng, C. (2021). DeepCAD: A deep generative network for computer-aided design models. Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, 6772–6782. https://doi.org/10.1109/ICCV48922.2021.00672
21. Yuan, Z., Shi, J., & Huang, Y. (2024). OpenECAD: An efficient visual language model for editable 3D-CAD design. arXiv. https://arxiv.org/abs/2406.09913
22. Zeng, Y., & Gu, P. (1999). A science-based approach to product design theory. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 15(4), 331–339. https://doi.org/10.1016/S0736-5845(99)00028-6

ISSN 3030-3907