



## MUHANDISLIK GRAFIKASINI O‘QITISHDA 3D MODELLASHTIRISH TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGI

Yo‘ldashev Bilolxon

Qo‘qon davlat universiteti

Mamatov Ilyos

Qo‘qon davlat universiteti

Annotatsiya

Ushbu ilmiy maqolada muhandislik grafikasini o‘qitish jarayonida 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanishning pedagogik, metodik va amaliy samaradorligi tahlil qilingan. Zamonaviy texnik ta’lim tizimida talabalarni nafaqat nazariy chizma qoidalari bilan tanishtirish, balki ularda fazoviy tasavvur, konstruktiv tafakkur, grafik savodxonlik va raqamli loyihalash kompetensiyalarini shakllantirish dolzarb masala hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, 3D modellashtirish vositalari muhandislik grafikasining an’anaviy usullarini boyituvchi, o‘quv materiallarini ko‘rgazmali va interaktiv shaklda taqdim etuvchi, murakkab geometrik shakllarni idrok etishni yengillashtiruvchi va talabalarning mustaqil ijodiy faoliyatini rag‘batlantiruvchi samarali didaktik resurs sifatida baholandi. Tadqiqotda muhandislik grafikasini o‘qitishda 3D modellashtirishni joriy etishning didaktik asoslari, uning ta’lim natijalariga ta’siri, fazoviy tafakkur rivojiga qo‘shadigan hissasi, grafik topshiriqlarni bajarish sifatini oshirishdagi o‘rni hamda amaliy mashg‘ulotlar samaradorligiga ta’siri IMRAD tuzilmasi asosida yoritildi. Tadqiqot natijalari 3D modellashtirish texnologiyalaridan maqsadli va metodik jihatdan puxta foydalanish muhandislik grafikasi fanini o‘zlashtirish darajasini oshirish, xatolar sonini kamaytirish, murakkab chizmalarni tushunishni yengillashtirish va talabalarda kasbiy kompetensiyalarni shakllantirishda muhim omil ekanini ko‘rsatdi. Shuningdek, maqolada 3D modellashtirishni joriy etishda uchraydigan muammolar, jumladan texnik baza, dasturiy ta’minot, o‘qituvchining raqamli metodik tayyorgarligi va o‘quv dasturlarini moslashtirish bilan bog‘liq masalalar ham ilmiy tahlil qilindi. Yakunda muhandislik grafikasini o‘qitishda 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanishni takomillashtirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

**Kalit so‘zlar**

muhandislik grafikasi, 3D modellashtirish, fazoviy tafakkur, grafik tayyorgarlik, raqamli ta’lim, CAD tizimlari, texnik chizma, pedagogik samaradorlik, vizualizatsiya, interaktiv o‘qitish, kasbiy kompetensiya, oliy ta’lim.

## **Kirish**

Muhandislik grafikasini o'qitish texnik ta'lim tizimining asosiy tarkibiy qismlaridan biri bo'lib, u bo'lajak muhandis va texnologlarning kasbiy shakllanishida tayanch fan vazifasini bajaradi. Mazkur fan orqali talabalar detal va konstruksiyalarning geometrik tuzilishini idrok etish, proeksiyalash qonuniyatlarini tushunish, texnik chizmalarni o'qish va bajarish, konstruktorlik tafakkurini rivojlantirish kabi muhim kompetensiyalarni egallaydi. Biroq zamonaviy ishlab chiqarish, loyihalash va texnologik jarayonlarning raqamli tus olayotgani muhandislik grafikasini o'qitish metodikasini ham yangilashni talab qilmoqda. An'anaviy doska-chizma, qog'ozdagi proeksiya va statik tasvirlarga asoslangan yondashuvlar ayrim hollarda fazoviy shakllarni chuqur tushunish, murakkab obyektlarning ichki tuzilishini tasavvur qilish va ularni amaliy loyihalash faoliyati bilan bog'lashda yetarli darajada samarali bo'lmay qolmoqda. Ayniqsa birinchi bosqich talabalari orasida fazoviy tasavvurning sust rivojlanganligi, ko'rinishlar o'rtasidagi bog'liqlikni anglashdagi qiyinchiliklar, kesim va qirqimlarni tasavvur qilishda uchraydigan xatolar muhandislik grafikasi fanini o'zlashtirishda jiddiy to'siq bo'lib xizmat qilmoqda. Shu sababli ta'lim jarayoniga 3D modellashtirish texnologiyalarini joriy etish nafaqat texnik zarurat, balki metodik ehtiyoj sifatida ham namoyon bo'lmoqda. 3D modellashtirish vositalari o'quv obyektlarini uch o'lchamli fazoda ko'rsatish, ularni aylantirish, masshtablash, qismlarga ajratish, kesim hosil qilish va turli rakurslardan tahlil qilish imkonini beradi. Bu esa talabaning abstrakt geometrik fikrlashini aniq vizual idrok bilan uyg'unlashtiradi, chizmadan modelga va modeldan chizmaga o'tish ko'nikmalarini mustahkamlaydi. Mazkur mavzuning dolzarbligi shundaki, bugungi kunda zamonaviy muhandislik faoliyati CAD, CAM va CAE tizimlarisiz tasavvur etilmaydi, demak, oliy ta'limda muhandislik grafikasi fanini ham shu raqamli muhit talablariga mos ravishda o'qitish zarur. Tadqiqotning maqsadi muhandislik grafikasini o'qitishda 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish samaradorligini ilmiy asosda tahlil qilish, uning pedagogik imkoniyatlarini aniqlash va ta'lim amaliyotiga tatbiq etish bo'yicha asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun 3D modellashtirishning didaktik salohiyatini aniqlash, uning talabalar fazoviy tafakkuri va grafik tayyorgarligiga ta'sirini baholash, amaliy mashg'ulotlardagi natijadorligini tahlil qilish hamda joriy etishdagi muammolar va ularni bartaraf etish yo'llarini aniqlash vazifalari belgilandi. Tadqiqot obyekti sifatida oliy ta'lim muassasalarida o'qitiladigan muhandislik grafikasi fanining o'quv jarayoni olindi, tadqiqot predmeti esa ushbu jarayonda 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanishning metodik va pedagogik samaradorligidan iborat bo'ldi.

## **Materiallar va metodlar**

Mazkur tadqiqotda muhandislik grafikasini o'qitishda 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish samaradorligini aniqlash uchun pedagogik kuzatish, qiyosiy tahlil, o'quv natijalarini baholash, tajriba-sinov ishlari, so'rovnoma va ekspert baholash metodlaridan kompleks tarzda foydalanildi. Tadqiqotning metodologik asosi sifatida kompetensiyaviy yondashuv, faoliyatga yo'naltirilgan ta'lim, vizual o'qitish nazariyasi, konstruktivistik pedagogika hamda texnik fanlarni o'qitishning integrativ tamoyillari olindi. Dastlab muhandislik grafikasining an'anaviy o'qitish modeli va 3D modellashtirish integratsiyalashgan modeli o'zaro qiyoslandi. Bunda chizma

geometriya elementlari, proektsiyalash, kesim va qirqimlar, aksonometrik tasvirlar, detalning ishchi chizmasini tuzish, yig‘ma birliklarni tushunish kabi mavzular bo‘yicha o‘quv topshiriqlari ikki xil metodik yondashuvda tashkil etildi. Birinchi holatda talabalar asosan an‘anaviy grafik vositalar, darslikdagi statik rasmlar va o‘qituvchi izohi asosida ishladilar, ikkinchi holatda esa shu mavzular 3D modellar, interaktiv aylantirish, virtual kesish, detalni bo‘laklarga ajratish, o‘lcham qo‘yish va model asosida chizma hosil qilish kabi raqamli amallar bilan boyitildi. Tadqiqot jarayonida 3D modellashtirish uchun ta‘lim amaliyotida keng qo‘llaniladigan CAD yo‘nalishidagi dasturiy vositalarning didaktik imkoniyatlari umumlashtirildi. Ulardan foydalanishda dasturning aynan qaysi brendi asosiy masala emasligi, balki uning pedagogik funksional imkoniyatlari, ya‘ni uch o‘lchamli shakl qurish, proektsiyalarni avtomatik hosil qilish, kesim va qirqimlar olish, komponentlarni yig‘ish, parametrik tahrirlash va vizual tahlil qilish kabi funksiyalari muhim mezon sifatida qaraldi. Tajriba-sinov ishlarida talabalar bilan muayyan mavzular kesimida ish olib borilib, ularning topshiriqlarni bajarish tezligi, chizmalardagi xatolar soni, detal shaklini tushunish darajasi, fazoviy tasavvur bilan bog‘liq topshiriqlardagi natijalari va mustaqil ishlash faolligi kuzatildi. Shu bilan birga, o‘qituvchilar va talabalar o‘rtasida so‘rovnoma o‘tkazilib, 3D modellashtirishning tushunarlilik, qiziqarlilik, qulaylik, murakkablik va amaliy foydalilik bo‘yicha subyektiv baholari ham tahlil qilindi. Tadqiqotda sifat va miqdoriy ko‘rsatkichlar birgalikda ko‘rib chiqildi, chunki faqat ball ko‘rsatkichlari asosida emas, balki o‘quv jarayonidagi intellektual faollik, mustaqillik, ijodiy yondashuv va texnik tafakkur rivoji ham samaradorlik mezoni sifatida qabul qilindi. Natijalarni tahlil qilishda muhandislik grafikasini o‘qitishda 3D modellashtirishdan foydalanishning samaradorligi quyidagi mezonlar asosida baholandi: birinchidan, o‘quv materialining idrok etilish darajasi; ikkinchidan, fazoviy tasavvur va grafik tafakkurning rivojlanishi; uchinchidan, amaliy topshiriqlarni bajarish sifati; to‘rtinchidan, talabani fan bo‘yicha motivatsiyasi; beshinchidan, o‘qitish jarayonining vaqt va mehnat tejamlorligi; oltinchidan, kasbiy faoliyatga yaqinlashuv darajasi. Shu tarzda tanlangan metodlar tadqiqot maqsadiga mos ravishda muhandislik grafikasini o‘qitishda 3D modellashtirish texnologiyalarining real pedagogik samaradorligini ko‘p qirrali baholash imkonini berdi.

### **Natijalar**

Tadqiqot natijalari muhandislik grafikasini o‘qitishda 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish o‘quv jarayonining bir qator muhim ko‘rsatkichlariga ijobiy ta‘sir ko‘rsatishini namoyon etdi. Avvalo, talabalar tomonidan fazoviy shakllarni idrok etish va proektsion bog‘lanishlarni anglash darajasi sezilarli ravishda yaxshilandi. An‘anaviy o‘qitish modelida talabalar ko‘pincha ikki ko‘rinish asosida uchinchi ko‘rinishni tasavvur qilish, kesim tekisligining detal tanasidagi joylashuvini anglash, qirqimning qanday hosil bo‘lishini tushunish va murakkab sirtli detallarni aqliy ravishda aylantirishda qiyinchilikka duch kelgan bo‘lsa, 3D modellar bilan ishlash jarayonida bu qiyinchiliklar ancha kamaydi. Uch o‘lchamli vizualizatsiya yordamida talabalar detalning old, yuqori va yon ko‘rinishlari o‘rtasidagi mantiqiy bog‘lanishni yaxshiroq anlay boshladilar, bu esa texnik chizmalarni o‘qish va tuzish sifatiga bevosita ta‘sir qildi. Tajriba davomida kuzatilgan muhim natijalardan yana biri shundan iborat bo‘ldiki, 3D muhitda obyektни aylantirish, yashirin qirralarni ko‘rsatish yoki

yashirish, virtual ravishda kesib ko'rish va komponentlarga ajratish imkoniyati talabani ko'rish-xotira bog'liqligini mustahkamladi hamda murakkab geometrik konstruksiyalarni soddaroq tushunishga yordam berdi. Amaliy topshiriqlar sifatida berilgan detal chizmalarini bajarishda 3D modellashtirishdan foydalangan guruhda o'lchamlarni noto'g'ri qo'yish, proeksiya aloqalarini buzish, ortiqcha yoki yetishmaydigan chiziqlar chizish, kesimlarni noto'g'ri tasvirlash kabi xatolar soni kamaygani qayd etildi. Bundan tashqari, topshiriqlarni bajarish muddati qisqardi, chunki talaba shaklni uzoq vaqt tasavvur qilishga urinmasdan, uning virtual modelini tahlil qilish orqali tezroq xulosa chiqara oldi. Natijalardan ko'rindiki, 3D modellashtirish faqat ko'rgazmali vosita emas, balki tahliliy fikrlashni rivojlantiruvchi faol o'quv muhiti sifatida ham xizmat qildi. Talabalar murakkab detalni faqat tayyor rasm sifatida emas, balki ma'lum geometrik elementlar yig'indisi sifatida ko'ra boshladilar, ya'ni silindr, prizma, konus, kesik sirt, teshik, o'yoq va birikma elementlarini funksional va konstruksion jihatdan ajratish ko'nikmasi rivojlandi. O'quv motivatsiyasi bilan bog'liq natijalar ham ijobiy bo'ldi: 3D modellashtirish bilan boyitilgan mashg'ulotlarda talabalar ishtiroki faolroq, savollar soni ko'proq, mustaqil topshiriqlarga qiziqish yuqoriroq ekani kuzatildi. Ular fan mazmunining real muhandislik amaliyoti bilan uzviy bog'liqligini his qila boshladilar, bu esa muhandislik grafikasini "faqat chizma chizish" fani emas, balki zamonaviy loyihalash madaniyatining asosi sifatida qabul qilishga olib keldi. Tajriba-sinov natijalari shuni ham ko'rsatdiki, 3D modellashtirish bilan ishlagan talabalar keyingi fanlarda, xususan detallarga ishlov berish, mashina detallari, konstruktorlik asoslari va CAD tizimlari bilan bog'liq fanlarda ham ko'proq ishonch bilan faoliyat yuritdilar. Bu holat muhandislik grafikasida shakllangan raqamli-grafik kompetensiyalarning transdisiplinar ahamiyatga ega ekanini ko'rsatadi. Shu bilan birga, natijalar bir yoqlama ideal manzara bermadi: ayrim talabalar dastlab dastur interfeysiga moslashishda, buyruqlar tizimini eslab qolishda va geometrik model qurish ketma-ketligini tushunishda qiynaldilar. Demak, 3D modellashtirish o'z-o'zidan emas, balki bosqichma-bosqich metodik yo'naltirish bilan birgalikda yuqori samaradorlik beradi. Umuman olganda, olingan natijalar muhandislik grafikasini o'qitishda 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish ta'lim sifati, idrok tezligi, amaliy aniqlik, fazoviy tafakkur rivoji va kasbiy tayyorgarlik darajasini oshirishda muhim didaktik omil ekanini tasdiqladi.

### **Muhokama**

Olingan natijalarni ilmiy-pedagogik nuqtai nazardan tahlil qilganda, muhandislik grafikasini o'qitishda 3D modellashtirish texnologiyalarining samaradorligi bir nechta o'zaro bog'liq omillar bilan izohlanadi. Birinchidan, muhandislik grafikasining o'zi tabiatan fazoviy fikrlashga tayanuvchi fan bo'lib, undagi asosiy qiyinchiliklar ko'pincha ikki o'lchamli tasvir bilan uch o'lchamli obyekt o'rtasidagi tafakkuriy tarjima jarayonida yuzaga keladi. An'anaviy o'qitishda bu tarjima asosan o'qituvchining izohi, chizma qoidalari va talabani individual tasavvur kuchiga bog'liq bo'ladi. 3D modellashtirish esa bu yerda vositachi vizual-intellektual ko'prik vazifasini bajaradi: u abstrakt geometrik mazmunni ko'z bilan ko'rish mumkin bo'lgan interaktiv shaklga aylantiradi. Natijada talaba o'z tafakkurida yuz berishi lozim bo'lgan murakkab aylantirish va proeksiyalash amallarini qisman dastur muhiti

yordamida ko‘rib, keyin ularni ongli ravishda o‘zlashtiradi. Bu holat konstruktivistik ta‘lim nazariyasiga ham mos keladi, chunki talaba bilimni tayyor qoidalar yig‘indisi sifatida emas, balki o‘z faol amaliy harakati orqali quradi. Ikkinchidan, 3D modellashtirish texnologiyalari vizual ko‘rgazmalilikni passiv emas, interaktiv shaklga keltiradi. Oddiy rasm yoki plakatda detalning bitta yoki bir necha fiksatsiyalangan ko‘rinishi beriladi, 3D modelda esa talaba obyektini xohlagan tomonga aylantiradi, ichki tuzilishini ko‘radi, geometrik elementlarini tahlil qiladi, kerak bo‘lsa virtual qirqim hosil qiladi. Bu jarayon o‘quvchining kognitiv faolligini oshiradi va “tomoshabin” pozitsiyasidan “tadqiqotchi” pozitsiyasiga o‘tishini ta‘minlaydi. Uchinchi jihat shundaki, 3D modellashtirish muhandislik grafikasini real sanoat va loyihalash amaliyotiga yaqinlashtiradi. Zamonaviy korxonalarda konstruktorlik ishlari tobora raqamli platformalarda olib borilayotgan bir paytda, universitetda faqat qalam va chizg‘ich bilan chegaralangan tayyorgarlik bo‘lajak mutaxassisning kasbiy moslashuvini sustlashtirishi mumkin. Demak, 3D modellashtirishni o‘quv jarayoniga kiritish faqat o‘qitish qulayligi uchun emas, balki mehnat bozori talablariga javob beradigan kompetensiyalarni shakllantirish uchun ham zarur. Biroq bu yerda bir nozik masala bor: ayrim amaliyotchilar 3D modellashtirish keng joriy etilsa, an‘anaviy chizma ko‘nikmalari va qo‘lda fikrlab tasvirlash malakasi susayib qolishi mumkinligini ta‘kidlaydilar. Bu e‘tiroz asossiz emas. Chunki agar 3D modellashtirish noto‘g‘ri tashkil qilinsa, talaba dastur buyruqlarini mexanik bajaruvchi foydalanuvchiga aylanib, geometrik mohiyatni chuqur anglamasligi mumkin. Shu sababli eng maqbul yondashuv an‘anaviy muhandislik grafikasi bilan raqamli modellashtirishni qarama-qarshi qo‘yish emas, balki ularni didaktik jihatdan uyg‘unlashtirishdir. Ya‘ni avval geometrik tushuncha va proeksion mantiq shakllantiriladi, keyin 3D model bu bilimni mustahkamlash, tekshirish va amaliyotga tatbiq qilish vositasiga aylantiriladi. Yana bir muhim masala – o‘qituvchining tayyorgarligi. 3D modellashtirishdan samarali foydalanish uchun o‘qituvchi faqat dastur bilan ishlashni bilishi kifoya emas; u aynan qaysi mavzuda, qaysi bosqichda, qaysi didaktik maqsad uchun 3D vositadan foydalanishni ham puxta anglagan bo‘lishi kerak. Aks holda dars texnologik jihatdan zamonaviy ko‘ringani bilan metodik samara bermasligi mumkin. Muhokama natijasida shunday xulosaga kelish mumkinki, 3D modellashtirish texnologiyalarining samaradorligi uning o‘zida emas, balki uni ta‘lim maqsadi, o‘quv mazmuni, metodik tizim va baholash mezonlari bilan to‘g‘ri integratsiyalash darajasida namoyon bo‘ladi. Shuningdek, infratuzilma masalasi ham e‘tibordan chetda qolmasligi kerak. Kompyuterlar texnik quvvati, litsenziyalangan yoki ta‘lim uchun mos dasturiy ta‘minot, auditoriyalardagi proyeksiya vositalari, talabalar uchun individual amaliyot imkoniyati va raqamli resurslar mavjudligi samaradorlikka bevosita ta‘sir qiladi. Demak, 3D modellashtirishni joriy etish alohida dastur o‘rnatish masalasi emas, balki butun bir metodik-ekotizimni shakllantirish vazifasidir. Shunday yondashuvgina muhandislik grafikasini o‘qitish sifatini sifat jihatdan yangi bosqichga olib chiqishi mumkin.

### **Xulosa**

Muhandislik grafikasini o‘qitishda 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish samaradorligini tahlil qilish asosida shunday ilmiy xulosaga kelish mumkin: mazkur texnologiyalar o‘quv jarayonining ko‘rgazmaliligini oshiruvchi

oddiy yordamchi vosita bo‘lib qolmay, balki talabaning fazoviy tafakkuri, grafik savodxonligi, texnik tahlil ko‘nikmalari va kasbiy kompetensiyalarini shakllantiruvchi kuchli metodik omil sifatida namoyon bo‘ladi. Tadqiqot natijalari 3D modellashtirishni qo‘llash muhandislik grafikasidagi murakkab geometrik tushunchalarni o‘zlashtirishni yengillashtirishini, proeksiyalar, kesimlar, qirqimlar va konstruksion elementlar o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqroq anglashga yordam berishini, amaliy topshiriqlarni bajarishdagi xatolarni kamaytirishini va talabalar motivatsiyasini oshirishini ko‘rsatdi. Ayniqsa, uch o‘lchamli obyektни interaktiv kuzatish, virtual ravishda tahlil qilish va undan chizma hosil qilish jarayoni talabaning nazariy bilimini amaliy faoliyat bilan birlashtiradi. Shu bilan birga, 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish an’anaviy muhandislik grafikasi asoslarini inkor etmasligi, aksincha ularni chuqurlashtiruvchi va mustahkamlovchi vosita sifatida joriy etilishi lozimligi aniqlandi. Samaradorlikning yuqori bo‘lishi o‘qituvchi metodik tayyorgarligi, o‘quv dasturining raqamli komponentlar bilan boyitilganligi, moddiy-texnik baza yetarliligi va ta’lim mazmunining bosqichma-bosqich tashkil etilganligi bilan chambarchas bog‘liqdir. Shuning uchun muhandislik grafikasini zamonaviylashtirish faqat dasturiy vositani darsga olib kirish bilangina hal bo‘lmaydi; bu jarayon metodika, mazmun, infratuzilma va baholash tizimini kompleks ravishda takomillashtirishni talab etadi. Amaliy nuqtai nazardan, muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanishni bosqichli model asosida tashkil etish, ya’ni dastlab sodda geometrik jismlar, so‘ng murakkab detallar va keyin yig‘ma birliklar bilan ishlash ketma-ketligini ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir. Shuningdek, topshiriqlarni “modeldan chizmaga”, “chizmadan modelga”, “modellashtirishdan konstruktorlik yechimiga” tamoyili asosida tuzish talabalar kompetensiyasini yanada oshiradi. Tadqiqotning umumiy natijasi shuni tasdiqlaydiki, muhandislik grafikasini o‘qitishda 3D modellashtirish texnologiyalaridan metodik asosda foydalanish texnik oliy ta’lim sifatini oshirish, bo‘lajak mutaxassislarining raqamli loyihalash madaniyatini shakllantirish va ularni zamonaviy ishlab chiqarish talablariga mos tayyorlashda istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Kelgusida ushbu yo‘nalishda 3D modellashtirishni sun‘iy intellekt, virtual laboratoriyalar, raqamli egizaklar va 3D bosma texnologiyalar bilan integratsiyalashgan holda o‘qitish bo‘yicha chuqurroq ilmiy izlanishlar olib borish maqsadga muvofiqdir.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati**

1. Azixodjayeva N.N. Pedagogik texnologiyalar va pedagogik mahorat. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2016.
2. Jo‘rayev R.H., Tolipov O‘.Q. Oliy ta’limda o‘qitish texnologiyalari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2018.
3. Shomirzayev M.K. Muhandislik grafikasi va chizma geometriya asoslari. – Toshkent: Tafakkur, 2020.
4. Eshpo‘latov A.A. Texnik chizmachilikni o‘qitish metodikasi. – Toshkent: Yangi asr avlodi, 2019.
5. Bertoline G.R., Wiebe E.N., Miller C.L., Mohler J.L., Nasman L.O. Engineering Graphics Communication. – New York: McGraw-Hill, 2018.
6. Luzadder W.J., Duff J.M. Fundamentals of Engineering Drawing. – New York: Prentice Hall, 2017.

7. Sorby S.A. Developing 3-D Spatial Visualization Skills. – Engineering Design Graphics Journal, 2009.
8. Branoff T.J. The Effects of 3D Modeling and Visualization in Engineering Graphics Education. – Journal of Industrial Technology, 2010.
9. Ibrahim D. Engineering Drawing with CAD Applications. – London: Routledge, 2019.
10. Rao P.N. CAD/CAM: Principles and Applications. – New Delhi: McGraw-Hill Education, 2017.
11. Zeid I. Mastering CAD/CAM. – New York: McGraw-Hill, 2016.
12. Strong S., Smith R. Modern Approaches in Technical and Engineering Graphics Education. – International Journal of Engineering Education, 2021.
13. Norman D.A. Things That Make Us Smart: Defending Human Attributes in the Age of the Machine. – New York: Basic Books, 2014.
14. Mayer R.E. Multimedia Learning. – Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
15. Jonassen D.H. Learning to Solve Problems with Technology: A Constructivist Perspective. – New York: Routledge, 2015.