



BO‘LAJAK MUHANDISLARNI TAYYORLASHDA KOMPYUTER GRAFIKASI ASOSIDA FAZOVIIY TASAVVURNI RIVOJLANTIRISH METODIKASI

Mamatov Ilyos

Qo‘qon davlat universiteti

Yo‘ldashev Bilolxon

Qo‘qon davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada bo‘lajak muhandislarni tayyorlash jarayonida kompyuter grafikasi vositalari asosida fazoviy tasavvurni rivojlantirishning nazariy-metodik asoslari yoritilgan. Zamonaviy muhandislik faoliyatida fazoviy fikrlash, geometrik tafakkur, texnik ob‘ektlarning shakli, o‘lchami, holati va o‘zaro joylashuvini tasavvur qila olish qobiliyati kasbiy kompetensiyaning asosiy tarkibiy qismlaridan biri hisoblanadi. Shu sababli oliy ta‘lim tizimida muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitishda an‘anaviy chizmachilik yondashuvlarini raqamli grafik texnologiyalar, uch o‘lchamli modellashtirish, vizual simulyatsiya, interaktiv proyeksiyalash va muammoli-topshiriqli ta‘lim bilan integratsiyalash zarurati ortib bormoqda. Maqolada fazoviy tasavvurning mazmuni, uning tarkibiy komponentlari, rivojlanish bosqichlari hamda kompyuter grafikasi vositalarining ushbu jarayondagi didaktik imkoniyatlari tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida bo‘lajak muhandislar uchun fazoviy tasavvurni rivojlantirish metodikasi ishlab chiqilib, unda motivatsion, kognitiv, operatsion-faoliyatli va refleksiv-baholash komponentlari o‘zaro bog‘liq holda tashkil etildi. Mazkur metodika bosqichma-bosqich o‘qitish, oddiy geometrik jismlardan murakkab konstruksiyalarga o‘tish, 2D tasvirdan 3D modelga va 3D modeldan texnik chizmaga qaytish, kesim va qirqimlar bilan ishlash, eksplod ko‘rinishlar, perspektiv tasvirlar hamda virtual manipulyatsiyalar asosida qurilgan. Tadqiqot natijalari kompyuter grafikasi asosida tashkil etilgan o‘quv jarayoni talabalarning fazoviy tasavvuri, grafik savodxonligi, konstruktorlik tafakkuri va muhandislik muammolarini hal etish qobiliyatini sezilarli darajada rivojlantirishini ko‘rsatdi. Shuningdek, ta‘lim mazmunini vizuallashtirish, individual ta‘lim trayektoriyalarini yaratish, differensial topshiriqlarni qo‘llash va amaliy loyihalash elementlarini joriy etish metodikaning samaradorligini oshiruvchi omillar sifatida asoslandi. Maqola natijalari muhandislik ta‘limi tizimida kompyuter grafikasi fanini o‘qitish metodikasini takomillashtirish, fazoviy tafakkurga yo‘naltirilgan topshiriqlar bankini yaratish va kasbiy tayyorgarlik sifatini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: bo‘lajak muhandis, kompyuter grafikasi, fazoviy tasavvur, muhandislik ta‘limi, 3D modellashtirish, grafik kompetensiya, vizual tafakkur, chizma geometriya, muhandislik grafikasi, metodika, interaktiv ta‘lim, kasbiy tayyorgarlik.

Kirish. Hozirgi davrda sanoat, ishlab chiqarish, qurilish, transport, energetika, axborot texnologiyalari va texnologik tizimlarning barcha yo‘nalishlarida muhandislik

faoliyati tobora murakkablashib borayotgani bo'lajak muhandislardan yuqori darajadagi analitik fikrlash, texnik tafakkur, vizual tahlil, fazoviy idrok va modellashtirish kompetensiyalarini talab etmoqda. Muhandis har qanday qurilma, mexanizm, detal yoki texnologik tizimni loyihalash, o'zgartirish, takomillashtirish yoki ishlab chiqarishga joriy etish jarayonida uning fazoviy tuzilishini, geometrik shaklini, elementlarining o'zaro joylashuvini, harakat trayektoriyalarini, kesim va qirqimlarda namoyon bo'ladigan ichki tuzilishini aniq tasavvur qila olishi kerak. Aynan shu nuqtada fazoviy tasavvur muhandislik kasbiy tayyorgarligining tayanch psixologik-pedagogik omiliga aylanadi. Biroq amaliyot shuni ko'rsatadiki, oliy ta'lim muassasalariga kirib kelayotgan talabalarning muayyan qismi shaklni tekislikda tasvirlash, tekis tasvirdan hajmni tiklash, proyeksiyalar orasidagi bog'lanishni aniqlash, murakkab detalning ichki tuzilishini ko'z oldiga keltirish, kesimlar orqali predmetning fazoviy xususiyatlarini tahlil qilish kabi amallarda jiddiy qiyinchiliklarga duch keladi. Bu esa chizma geometriya, muhandislik grafika, mashina detallari, konstruktorlik asoslari, CAD tizimlari va 3D modellashtirish bilan bog'liq fanlarni o'zlashtirish sifatiga bevosita salbiy ta'sir ko'rsatadi. An'anaviy chizmachilik metodikasida ko'proq tayyor tekis chizmalar, doskadagi izohlar, qog'ozdagi grafika mashqlari va standart proyeksion topshiriqlarga tayanilgan bo'lsa, bugungi raqamli davr bunday yondashuvni qayta ko'rib chiqishni taqozo etmoqda. Sababi, zamonaviy talaba vizual axborotni tez qabul qiladi, interaktiv manipulyatsiyalar orqali o'rganishga moyil, hajmli tasvirlar, animatsiyalar va virtual muhit bilan ishlashda yuqori motivatsiya namoyon etadi. Shu bois kompyuter grafikasi vositalarini muhandislik ta'limiga chuqur integratsiyalash nafaqat o'qitish samaradorligini, balki fazoviy tasavvurni shakllantirishning tabiiy va texnologik asoslangan yo'lini ta'minlaydi. Kompyuter grafikasi 2D va 3D tasvirlar bilan ishlash, obyektlarni aylantirish, kesish, masshtablash, portlatilgan ko'rinishda tahlil qilish, virtual yig'ish va ajratish, proyeksiyalarni qiyoslash, parametrik o'zgarishlarni kuzatish kabi keng imkoniyatlari bilan fazoviy fikrlashni faol rivojlantiruvchi o'quv muhitini yaratadi. Muammo shundaki, ayrim holatlarda kompyuter grafikasi faqat dastur o'rgatish vositasi sifatida talqin qilinadi va uning didaktik-metodik mohiyati yetarlicha ochib berilmaydi. Aslida esa masala dastur interfeysini o'rgatishda emas, balki mazkur vositalar yordamida talabada predmetning shakliy-mantiqiy modelini ongda qurish, ko'p ko'rinishli tasvirlarni uyg'unlashtirish, hajmni fazoda manipulyatsiya qilish va grafik axborotdan muhandislik qarori chiqarish qobiliyatini rivojlantirishdadir. Demak, bo'lajak muhandislarni tayyorlashda kompyuter grafikasi asosida fazoviy tasavvurni rivojlantirish metodikasini ilmiy asosda ishlab chiqish, uning mazmuni, tamoyillari, bosqichlari, vositalari va baholash mezonlarini aniqlash dolzarb ilmiy-pedagogik vazifa hisoblanadi. Ushbu maqolaning maqsadi ham aynan kompyuter grafikasi vositalari yordamida bo'lajak muhandislarda fazoviy tasavvurni rivojlantirishga qaratilgan samarali metodik tizimni nazariy jihatdan asoslash va amaliy jihatdan tavsiflashdan iborat.

Materiallar va metodlar. Tadqiqotda pedagogika, muhandislik ta'limi metodikasi, kognitiv psixologiya, vizual tafakkur nazariyasi va kompyuter grafikasi didaktikasi bilan bog'liq ilmiy qarashlar tahlil qilinib, bo'lajak muhandislarning fazoviy tasavvurini rivojlantirishga qaratilgan kompleks metodik yondashuv ishlab

chiqildi. Tadqiqotning nazariy asosini fazoviy fikrlashning psixologik mexanizmlarini ifodalovchi qarashlar, texnik tafakkur shakllanishining pedagogik qonuniyatlari, muhandislik grafikasi fanining didaktik imkoniyatlari hamda raqamli ta'lim muhitida interfaol o'qitish yondashuvlari tashkil etdi. Fazoviy tasavvur mazkur tadqiqotda talabani tekis tasvirlar va hajmli modellar o'rtasidagi bog'lanishni ang'ay olishi, geometrik ob'ektni turli rakurslarda fikran aylantira olishi, proyeksiyon aloqalarni tushunishi, ko'rinmas elementlarni taxmin qilishi, detal yoki uzelnig ichki va tashqi tuzilishini modellashtira olishi, o'z tasavvurini chizma, eskiz yoki raqamli model ko'rinishida ifodalashi bilan tavsiflandi. Ushbu sifatlarni shakllantirish uchun kompyuter grafikasi faqat ko'rsatish vositasi sifatida emas, balki faol bilish, tahlil, konstruktorlik fikrlashi va vizual muammoli vaziyatlarni yechish muhiti sifatida qaraldi. Metodik modelni ishlab chiqishda tizimli yondashuv, kompetensiyaviy yondashuv, faoliyatga yo'naltirilgan yondashuv, vizual-kognitiv yondashuv va integrativ yondashuvlardan foydalanildi. Tizimli yondashuv metodikaning maqsad, mazmun, vosita, shakl, natija va nazorat komponentlarini bir butun didaktik tizim sifatida ko'rishga xizmat qildi. Kompetensiyaviy yondashuv natijani alohida bilimlar yig'indisi emas, balki real muhandislik vazifalarini hal eta olishga xizmat qiluvchi grafik va fazoviy kompetensiyalar majmuasi sifatida belgilash imkonini berdi. Faoliyatga yo'naltirilgan yondashuv topshiriqlarni talabani faol bajarishi, model qurishi, tahlil qilishi, xato topishi va qayta ishlashi bilan bog'lashga asos bo'ldi. Vizual-kognitiv yondashuv esa fazoviy tasavvur rivojini ko'rish, idrok etish, taqqoslash, transformatsiya qilish va obrazni ichki rejalashtirish jarayonlari orqali tushuntirdi. Tadqiqotda bo'lajak muhandislar uchun quyidagi metodik komponentlar ajratildi: motivatsion komponent, ya'ni grafik faoliyatga qiziqish, muhandislik ob'ektlarini tushunishga ichki ehtiyoj va vizual topshiriqlarni bajarishga tayyorlik; kognitiv komponent, ya'ni proyeksiyalash, kesim, qirqim, geometrik modellashtirish, aksonometriya va uch o'lchamli tasvir haqidagi bilimlar; operatsion-faoliyatli komponent, ya'ni 2D va 3D muharrirlarda ishlash, model yaratish, chizma o'qish va tuzish, detalni proyeksiyalash, virtual manipulyatsiya qilish, o'lcham qo'yish hamda konstruktorlik vazifalarini bajarish ko'nikmalari; refleksiv-baholash komponenti esa o'z grafik ishini tahlil qila olish, xatolarni aniqlash, variantlarni qiyoslash va yakuniy natijani kasbiy talablar asosida baholash qobiliyatini qamrab oldi. Metodikaning mazmuni sodda shakllardan murakkab konstruksiyalarga o'tish tamoyiliga asoslandi. Dastlab kub, prizma, silindr, konus, piramida kabi elementar jismlar bilan ishlash, ularning asosiy ko'rinishlari, aksonometrik tasvirlari va 3D modellarini uyg'un tahlil qilish ko'zda tutildi. Keyingi bosqichda bir necha elementdan tuzilgan kompozit jismlar, qirqilgan sirtlar, o'yiqlar, teshiklar, kesiklar, pog'onali shakllar va simmetrik-nosimmetrik detallarning geometrik xususiyatlari o'rganildi. So'ngra mashina detallari, yig'ma birliklar, birikmalar, kesim va qirqimlar, eksplod ko'rinishlar, mexanizmlarning kinematik elementlari hamda parametrik modellar bilan ishlashga o'tildi. O'qitish vositalari sifatida elektron taqdimotlar, interaktiv grafik platformalar, CAD dasturlari, 3D modellar, animatsiyalar, virtual laboratoriyalar, grafik testlar, individual va guruhiy loyiha topshiriqlari, skrin-kast izohlar, videodarslar va bosqichli algoritmik yo'riqnomalardan foydalanish nazarda tutildi. Metodikani amalga oshirishda ko'rgazmali tushuntirish, muammoli vaziyat yaratish, evristik savol-javob,

modellashtirish, qayta konstruktsiyalash, teskari proyeksiyalash, eksplorativ topshiriqlar, mikroloyihalar, juftlikda tahlil qilish va reflektiv baholash usullari uyg'unlashtirildi. Baholash mezonlari sifatida talabani tekis tasvirdan hajmni tiklash aniqligi, modelni fikran aylantirish tezligi, proyeksiyalar orasidagi bog'lanishni tushunish darajasi, kesim va qirqimlarni to'g'ri qurishi, detalning konstruktiv mantiqini izohlashi, 3D modeldan ishchi chizma va ishchi chizmadan 3D model yaratish sifati, mustaqil grafik qaror qabul qilishi va xatolarni tahlil qila olishi kabilar belgilandi. Shunday qilib, tadqiqot metodlari kompyuter grafikasi asosida fazoviy tasavvurni rivojlantirish jarayonini ham nazariy, ham amaliy nuqtai nazardan izchil tashkil etishga xizmat qildi.

Natijalar. Tadqiqot jarayonida ishlab chiqilgan metodika bo'lajak muhandislarning fazoviy tasavvurini rivojlantirishda kompyuter grafikasi vositalari yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatdi. Birinchi navbatda, an'anaviy ta'limda ko'p uchraydigan muammo, ya'ni talabalar tekis chizma bilan real hajmli ob'ekt o'rtasidagi bog'lanishni uzluksiz va mantiqiy ravishda anglay olmaslik holati interaktiv 3D modellar yordamida sezilarli darajada kamayishi aniqlandi. Talaba bir xil obyektning frontal, gorizontaal va profil proyeksiyada ko'rish bilan birga uning uch o'lchamli modelini aylantirib, kesib, yashirin qirralarni ochib, qirqim holatida kuzatish imkoniga ega bo'lganda, unda geometrik obrazlar orasidagi ichki mantiqiy bog'lanish mustahkamroq shakllanadi. Ayniqsa, murakkab detallarning ichki tuzilishini tushuntirishda, kesim va qirqimlarni o'rganishda, o'q bo'yicha simmetrik va nosimmetrik elementlarni farqlashda, o'yiqlik va teshiklarning real holatini tasavvur qilishda kompyuter grafikasining ustunligi yaqqol namoyon bo'ldi. Ikkinchi natija shundan iborat bo'ldiki, kompyuter grafikasi asosidagi topshiriqlar ketma-ketligi talabalarning fazoviy tasavvurini bosqichma-bosqich rivojlantirish imkonini berdi. Dastlab oddiy jismlarni proyeksiyalash va hajmli modelni ko'rish bilan boshlangan mashg'ulotlar keyinchalik murakkab sirtli obyektlar, bir nechta geometrik shakllar kombinatsiyasi, konstruktorlik detallari va yig'ma birliklar bilan davom ettirilganda o'zlashtirish samarasi yuqori bo'ldi. Bu esa fazoviy tafakkur bir martalik ko'nikma emas, balki maxsus tashkil etilgan mashqlar tizimi orqali asta-sekin rivojlanadigan sifat ekanini tasdiqladi. Uchinchi natija sifatida 2D dan 3D ga va 3D dan 2D ga o'tishga asoslangan ikki yo'nalishli mashqlar ayniqsa samarali ekani ma'lum bo'ldi. Ya'ni talaba tayyor proyeksiyalar asosida model tiklaganda ham, tayyor model asosida ishchi chizma yaratganda ham turli kognitiv operatsiyalarni bajaradi; birinchi holatda u tasvirlarni umumlashtiradi, ikkinchi holatda esa hajmni proyeksion mezonlar asosida tahlil qiladi. Bu ikki faoliyat navbatma-navbat tashkil etilganda fazoviy tasavvur chuqurlashadi, grafik xatolar kamayadi va tushunchalar mustahkamlanadi. To'rtinchi muhim natija shuki, virtual manipulyatsiyalar va parametrik modellashtirish talabalarda konstruktorlik fikrlashini ham rivojlantiradi. Obyektning o'lchamlari, radiuslari, burchaklari yoki sirt elementlari o'zgarib butun detal shaklining qanday o'zgarishini kuzatish talabani geometrik-mantiqiy qonuniyatlarni idrok etishiga yordam beradi. Bu esa grafik tayyorgarlikni oddiy tasviriy faoliyat darajasidan loyiha-muhandislik tafakkuri darajasiga olib chiqadi. Beshinchi natija sifatida aniqlanganki, kompyuter grafikasi muhitida xatoni tez aniqlash va tuzatish imkoniyati talabalarning qo'rquvini kamaytiradi, mustaqilligini oshiradi va tajriba qilishga undaydi. Qog'ozdagi

chizmada xato ko‘pincha butun ishni qayta bajarishga olib kelsa, raqamli muhitda variantlarni tez solishtirish, o‘zgarishlarni qaytarish, obyektни qayta joylashtirish va alternativ yechimlarni ko‘rish osonlashadi. Bu esa o‘quv motivatsiyasini kuchaytiradi. Oltinchi natija — differensial va individual topshiriqlar bilan ishlash samaradorligining oshganidir. Kompyuter grafikasi dasturlarida topshiriqlar murakkablik darajasi, parametrlar soni, operatsiyalar ketma-ketligi va yakuniy talab bo‘yicha individual tarzda moslashtirilishi mumkin. Natijada grafik tayyorgarligi turlicha bo‘lgan talabalar bir xil auditoriyada o‘z imkoniyatiga mos, lekin umumiy maqsadga xizmat qiluvchi vazifalarni bajaradi. Yettinchi natija sifatida guruhiy loyiha ishlari ham ijobiy ta‘sir ko‘rsatishi kuzatildi. Yig‘ma birliklarning 3D modelini jamoa bo‘lib tuzish, bir talaba detal modellashtirsa, boshqasi yig‘ishni amalga oshirishi, uchinchi talaba esa ishchi chizmalarni tayyorlashi kabi faoliyat turlari nafaqat fazoviy tasavvurni, balki kommunikativ va kasbiy hamkorlik ko‘nikmalarini ham rivojlantiradi. Sakkizinchi natija shuki, kompyuter grafikasi asosida tashkil etilgan baholash tizimi fazoviy tasavvurning yashirin darajalarini ham aniqlashga yordam beradi. Masalan, test savollarida faqat tayyor javobni belgilash emas, balki modelni aqliy aylantirish, ortiqcha yoki yetishmayotgan elementni topish, noto‘g‘ri proyeksiyani aniqlash, kesimning qaysi tekislik bo‘yicha olinganini asoslash, obyektning teskari modelini qurish singari topshiriqlar talabani chuqurroq fikrlashga undaydi. To‘qqizinchi natija sifatida o‘qituvchining roli ham o‘zgargani kuzatildi: u endilikda faqat tayyor ma‘lumotni beruvchi emas, balki o‘quv faoliyatini loyihalovchi, vizual muammoli vaziyat yaratib beruvchi, individual yo‘naltiruvchi va refleksiv tahlilni boshqaruvchi subyektga aylanadi. O‘ninch natija esa shundan iboratki, kompyuter grafikasi asosida fazoviy tasavvurni rivojlantirish metodikasi nafaqat muhandislik grafikasi fani doirasida, balki mashina detallari, mexanika, konstruksiyalash, texnologik jihozlar, arxitektura elementlari va 3D bosib chiqarish bilan bog‘liq fanlar uchun ham universal tayanch yaratadi. Demak, tadqiqot natijalari kompyuter grafikasi muhandis tayyorlashda yordamchi vosita emas, balki kasbiy tafakkurni rivojlantiruvchi strategik metodik platforma ekanini ko‘rsatdi.

Muhokama. Olingan natijalarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, bo‘lajak muhandislarni tayyorlashda fazoviy tasavvurni rivojlantirish masalasi ko‘p hollarda faqat chizma o‘qish yoki 3D dastur o‘rganish doirasida tor talqin qilinadi, holbuki ushbu sifat muhandislik tafakkurining integrativ asosi sifatida qaralishi lozim. Fazoviy tasavvur yetarli darajada rivojlanmagan talabada ko‘pincha murakkab detalni tahlil qilish, funksional yuzalarni ajratish, konstruktorlik yechimini baholash, yig‘ma birlikni ketma-ketlikda tushunish va texnologik operatsiyalarni rejalashtirishda qiyinchiliklar kuzatiladi. Demak, masala faqat grafik tasvir sifati bilan emas, balki kelajakdagi professional qaror qabul qilish sifati bilan ham bog‘liq. Shu nuqtai nazardan qaraganda, kompyuter grafikasi vositalarining didaktik imkoniyatlari juda katta bo‘lsa-da, ularni ta‘limga joriy etish avtomatik ravishda ijobiy natija beradi deb bo‘lmaydi. Eng katta xatolardan biri — dasturiy ta‘minotni o‘qitishning o‘zini metodika deb qabul qilishdir. Talaba tugmalarni bosishni o‘rganishi mumkin, biroq bu hali uning fazoviy tasavvuri rivojlandi degani emas. Fazoviy tasavvur rivojlanishi uchun topshiriq mazmuni psixologik jihatdan murakkablashib boruvchi, mantiqan ketma-ket, didaktik jihatdan asoslangan va muhandislik faoliyati bilan aloqador bo‘lishi kerak. Ikkinchi muhim

masala — an'anaviy chizmachilik bilan kompyuter grafikasi o'rtasida qarama-qarshilik yaratish noto'g'riligidir. Aslida samarali metodika bu ikkisini qarama-qarshi qo'ymaydi, balki bir-birini to'ldiruvchi komponentlar sifatida ko'radi. Qo'lda eskiz chizish, geometrik fikrni sodda ifodalash, proyeksion mantiqni qog'ozda tushunish kabi ko'nikmalar hali ham zarur. Chunki muhandis real ishlab chiqarish muhitida har doim ham murakkab dastur bilan ishlamaydi; ayrim vaziyatlarda tezkor grafik fikrlash va oddiy eskiz bilan yechim taklif qilish talab etiladi. Shu sababli taklif etilgan metodika qo'lda bajariladigan chizmachilik mashqlarini to'liq inkor etmaydi, aksincha ularni kompyuter grafikasi orqali chuqurlashtiradi. Uchinchi masala — fazoviy tasavvurni rivojlantirishda o'qituvchining metodik tayyorgarligi hal qiluvchi omil ekani bilan bog'liq. Agar o'qituvchi kompyuter grafikasi vositalarini faqat namoyish vositasi sifatida ishlatsa, talaba passiv tomoshabinga aylanadi. Agar esa u interaktiv savollar, muammoli modellar, variantli topshiriqlar, qiyosiy tahlil va reflektiv muhokama orqali o'quv faoliyatini boshqarsa, natija sezilarli bo'ladi. To'rtinchi muhim jihat — texnik bazaning roli. Yetarli kompyuter, litsenziyalangan yoki funksional dastur, grafik planshet, proyektor, 3D ekran tasvirlari yoki hech bo'lmaganda individual mashg'ulotlar uchun qulay muhit bo'lmasa, metodika to'liq ishlamaydi. Lekin bu omilni absolyutlashtirish ham noto'g'ri; kuchli metodik dizayn oddiyroq texnik vositalar bilan ham sezilarli natija bera oladi. Beshinchi jihat — baholash masalasi. Ko'plab amaliyotlarda talabaning grafik tayyorgarligi faqat tayyor chizma estetikasi yoki standartga mosligi bilan baholanadi. Bu yetarli emas. Fazoviy tasavvur chuqurligi uning fikrlash jarayoni, transformatsiya amallari, ichki obrazni qurish sifati va mantiqiy izohlarida ham namoyon bo'ladi. Shuning uchun baholash ko'p komponentli bo'lishi zarur: tayyor natija, bajarish jarayoni, xatoni topish qobiliyati, modelni tahlil qilish, og'zaki izoh va muammoli vaziyatdagi harakat birgalikda baholanishi maqsadga muvofiq. Oltinchi jihat — zamonaviy muhandislik ta'limida kompyuter grafikasi bilan 3D bosib chiqarish, raqamli ishlab chiqarish, virtual va kengaytirilgan reallik, raqamli egizak, parametrik loyihalash kabi yo'nalishlar o'rtasida integratsiya kuchayib bormoqda. Bu esa fazoviy tasavvurni rivojlantirish metodikasini yanada boyitish imkonini beradi. Masalan, talaba o'zi yaratgan modelni nafaqat ekranda aylantiradi, balki uni 3D printerda chiqarib, real predmet bilan solishtirishi mumkin. Bunday tajriba obraz va ob'ekt o'rtasidagi bog'lanishni yanada mustahkamlaydi. Yettinchi jihat — metodikaning kasbiy yo'naltirilganligi. Mexanika yo'nalishidagi talaba uchun fazoviy topshiriqlar mashina detallari va mexanizmlarga yaqin bo'lishi kerak; qurilish yo'nalishida esa konstruktiv tugunlar, kesimlar va me'moriy elementlar muhim; elektrotexnikada qurilma korpuslari va montaj sxemalari; texnologik mashinalarda esa uzellar, ishchi organlar va yig'ma birliklar ustuvor bo'ladi. Demak, universal grafik mashqlardan tashqari mutaxassislikka moslashtirilgan topshiriqlar banki zarur. Sakkizinchi jihat sifatida aytish mumkinki, fazoviy tasavvurni rivojlantirish faqat bir semester yoki bir fan doirasida yakunlanmaydi; u uzluksiz rivojlantiriladigan ko'nikma bo'lib, o'quv rejasidagi turdosh fanlar bilan uzviy bog'langan holda davom etishi kerak. Shunday ekan, kompyuter grafikasi asosidagi metodika butun muhandislik ta'limi tizimining vertikal integratsiyalashgan elementi sifatida qaralishi zarur. Umuman olganda, muhokama natijalari shuni ko'rsatadiki, fazoviy tasavvur — muhandisning asosiy

intellektual resurslaridan biri, kompyuter grafikasi esa uni maqsadli rivojlantiruvchi kuchli pedagogik vosita bo‘lib, ularni samarali birlashtirish uchun puxta o‘ylangan metodik tizim, tayyorlangan o‘qituvchi, mos topshiriqlar va ko‘p mezonli baholash zarur.

Xulosa. Bo‘lajak muhandislarni tayyorlashda kompyuter grafikasi asosida fazoviy tasavvurni rivojlantirish metodikasi zamonaviy muhandislik ta‘limi sifatini oshirishning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot asosida fazoviy tasavvur muhandisning kasbiy shakllanishida markaziy o‘rin tutishi, u grafik savodxonlik, texnik tafakkur, konstruktorlik tahlili, muammoli vaziyatda vizual yechim topish va real ob‘ektlarning geometrik mohiyatini anglash bilan chambarchas bog‘liq ekani asoslandi. Kompyuter grafikasi vositalari esa ushbu sifatni rivojlantirishda an‘anaviy ko‘rgazmali vositalarga nisbatan kengroq, moslashuvchanroq va interaktivroq imkoniyatlarni taqdim etadi. Ishlab chiqilgan metodika motivatsion, kognitiv, operatsion-faoliyatli va refleksiv-baholash komponentlarining birligiga tayangan holda, oddiydan murakkabga, 2D dan 3D ga va 3D dan 2D ga, kuzatishdan mustaqil modellashtirishga, reproduktiv faoliyatdan konstruktorlik faoliyatiga o‘tish tamoyillari asosida tuzildi. Mazkur metodika doirasida interaktiv modellar, kesim va qirqimlar bilan ishlash, parametrik o‘zgarishlarni kuzatish, eksplod ko‘rinishlar, teskari proyeksiyalash, virtual manipulyatsiya, loyiha va mikroloyiha topshiriqlari, individual differensial mashqlar va ko‘p mezonli baholash tizimi samarali vositalar sifatida belgilandi. Natijalar kompyuter grafikasi asosida tashkil etilgan ta‘lim talabalarning fazoviy tasavvuri, grafik madaniyati, mustaqil fikrlashi, xatolarni aniqlash va tuzatish ko‘nikmasi, real muhandislik vazifalarini vizual tahlil qilish qobiliyatini sezilarli darajada rivojlantirishini ko‘rsatdi. Shu bilan birga, samaradorlikka erishish uchun kompyuter grafikasi vositalaridan foydalanishning o‘zi yetarli emasligi, buning uchun puxta metodik dizayn, bosqichli topshiriqlar, kasbiy yo‘naltirilgan mazmun, o‘qituvchining yuqori metodik tayyorgarligi va baholashning chuqur mezonlari zarurligi aniqlandi. Demak, muhandislik ta‘limida kompyuter grafikasi fani faqat dasturiy ko‘nikmalarni o‘rgatuvchi texnik kurs sifatida emas, balki bo‘lajak muhandisning fazoviy tafakkurini, konstruktorlik salohiyatini va kasbiy intellektini shakllantiruvchi fundamental pedagogik platforma sifatida qayta talqin etilishi lozim. Kelgusida ushbu metodika asosida fanlararo integratsiyalashgan topshiriqlar bankini yaratish, virtual va kengaytirilgan reallik vositalarini qo‘shish, 3D bosib chiqarish bilan bog‘langan amaliy mashg‘ulotlar ishlab chiqish hamda fazoviy tasavvur rivojini diagnostika qiluvchi standartlashtirilgan mezonlarni takomillashtirish muhim ilmiy-amaliy vazifalar bo‘lib qoladi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Farber B. *The Student as Nigger: Essays and Stories*. New York: Pocket Books, 1971.
2. Sorby S. A. *Developing 3-D Spatial Visualization Skills*. Engineering Design Graphics Journal, 1999.
3. Strong S., Smith R. Spatial visualization: Fundamentals and trends in engineering graphics. *Journal of Engineering Education*, 2002.

4. Bertoline G. R., Wiebe E. N., Miller C. L., Nasman L. C. *Technical Graphics Communication*. New York: McGraw-Hill, 2009.
5. Branch R. M. *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer, 2009.
6. Mayer R. E. *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
7. Ault H. K., John S. Computer-aided design and the development of spatial ability in engineering students. *Engineering Design Graphics Journal*, 2010.
8. Devon R., Engel R., Turner G. The effects of solid modeling on 3D visualization skills. *Journal for Geometry and Graphics*, 2011.
9. Abdulhayev N. A. *Muhandislik grafikasini o'qitishning nazariy asoslari*. Toshkent: O'qituvchi, 2015.
10. Jo'rayev R. H., Qosimov U. K. *Chizma geometriya va muhandislik grafikasini o'qitish metodikasi*. Toshkent: Fan va texnologiya, 2018.
11. Xudoyberdiyev A. T. Oliy ta'limda kompyuter grafikasi vositalaridan foydalanishning didaktik imkoniyatlari. *Pedagogik mahorat*, 2020, №4.
12. Karimov Sh. M. *Texnik tafakkur va fazoviy tasavvurni rivojlantirishning pedagogik asoslari*. Andijon: Andijon nashriyoti, 2021.
13. Yuldashev B. *Muhandislik ta'limida CAD texnologiyalarining o'rni va ahamiyati*. *Ta'lim va innovatsiya*, 2022, №2.
14. Rasulov O. *Raqamli ta'lim muhitida muhandis tayyorlashning metodik muammolari*. Toshkent: Tafakkur, 2023.
15. Ismoilov Q. *Bo'lajak muhandislarda grafik kompetensiyani shakllantirish metodikasi*. *Zamonaviy ta'lim*, 2024, №1.