



MUHANDISLIK GRAFIKASI TA'LIMIDA TALABALARNING FAZOVIIY TAFAKKURINI RIVOJLANTIRISHDA RAQAMLI GRAFIK VOSITALARDAN FOYDALANISHNING PEDAGOGIK IMKONIYATLARI

**Ortiqova Bibizulayho
Baxtiyorjon qizi**

Pedagog- tadqiqotchi.
artikovabibizulayho@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada muhandislik grafikasi ta'limi jarayonida talabalarning fazoviy tafakkurini rivojlantirishda raqamli grafik vositalardan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari nazariy-metodik jihatdan tahlil qilinadi. Fazoviy tafakkur muhandislik chizmalari, proyeksiyalar, kesimlar, qirqimlar, detal shaklini uch o'lchamli tasavvur qilish va grafik axborotni turli ko'rinishlarda qayta ifodalash bilan bog'liq murakkab kognitiv jarayon sifatida talqin qilinadi. Tadqiqotda 2D chizma, 3D model, interaktiv vizualizatsiya va CAD muhitini yagona didaktik zanjirga birlashtirish imkoniyatlari ochib beriladi. Ilmiy manbalar tahlili CAD asosidagi mashg'ulotlar va maxsus tashkil etilgan fazoviy vizualizatsiya topshiriqlari talabalarning fazoviy ko'nikmalarini rivojlantirishga xizmat qilishi mumkinligini ko'rsatadi. Maqolada fazoviy tafakkurni bosqichma-bosqich shakllantirish modeli, pedagogik shartlar, topshiriqlar tizimi, baholash mezonlari va o'qituvchi faoliyatining metodik yo'nalishlari taklif etiladi. Taklif etilayotgan yondashuv muhandislik grafikasi fanida raqamli vositalarni faqat chizma bajarish texnologiyasi emas, balki fazoviy fikrlashni rivojlantiruvchi pedagogik muhit sifatida qo'llashga qaratilgan.

Kalit so'zlar: muhandislik grafikasi, fazoviy tafakkur, fazoviy tasavvur, fazoviy vizualizatsiya, raqamli grafik vositalar, CAD, 3D modellash, grafik kompetensiya, pedagogik texnologiya.

Kirish

Muhandislik grafikasi oliy ta'limda talabaning texnik obyektни grafik til orqali ifodalashi, chizmalarni o'qishi, geometrik munosabatlarni anglash va konstruktiv yechimlarni tasavvur qilishi uchun zarur bo'lgan tayanch fanlardan biridir. Mazkur fan doirasida bilim faqat chizma bajarish qoidalarini yod olish bilan cheklanmaydi. Talaba ikki o'lchamli grafik tasvirdan uch o'lchamli obyektни ang'lay olishi, obyektни turli nuqtayi nazardan ko'ra olishi, uning elementlari o'rtasidagi fazoviy munosabatlarni aniqlashi va aksincha, tasavvur qilingan fazoviy obyektни standart grafik vositalar yordamida ifodalay olishi kerak. Shu sababli muhandislik grafikasi ta'limining natijasi grafik faoliyatning texnik aniqligi bilan bir qatorda fazoviy tafakkurning rivojlanganlik darajasiga ham bog'liq.

Ilmiy adabiyotlarda fazoviy qobiliyat muhandislik grafikasi va muhandislik ta'limi muvaffaqiyati bilan bog'liq muhim omillardan biri sifatida ko'rib chiqiladi.

Marunić va Glažar muhandislik grafikasi ta'limida fazoviy qobiliyatni rivojlantirish uchun o'quv mazmuni va mashg'ulotlarni tadqiqot natijalariga tayangan holda muvozanatli tashkil etish zarurligini ta'kidlaydi [1]. Ularning keyingi sharh tadqiqotida 3D CAD texnologiyalarining rivojlanishi fazoviy qobiliyatni rivojlantirish va baholash masalasiga bo'lgan qiziqishni yanada kuchaytirgani ko'rsatiladi [2].

Raqamli texnologiyalarning ta'limga kirib kelishi muhandislik grafikasi metodikasini ham o'zgartirmoqda. CAD (Computer-Aided Design — kompyuter yordamida loyihalash) tizimlari yordamida talaba chizmani statik tasvir sifatida emas, balki aylantirish, kattalashtirish, kesish, elementlarni yashirish yoki qayta tiklash, o'lchamlarni o'zgartirish va 3D modelni turli proyeksiyalarda kuzatish mumkin bo'lgan dinamik obyekt sifatida ko'ra oladi. Bunday imkoniyatlar raqamli vositani oddiy texnik yordamchi emas, balki kognitiv faoliyatni tashkil etuvchi didaktik vosita sifatida ko'rib chiqishni talab qiladi.

UNESCOning o'qituvchilar uchun AKT kompetensiyalari doirasida ham raqamli texnologiyalarni ta'lim jarayoniga maqsadli integratsiya qilish pedagogik jarayonni o'zgartirish va o'quvchilarni faolroq ishtirok ettirish imkoniyatiga ega ekani qayd etilgan [9]. Muhandislik grafikasi kontekstida bu tamoyil ayniqsa muhim: raqamli grafik vosita talabaning tayyor tasvirni ko'rishi bilan cheklanmasdan, tasvirni yaratishi, o'zgartirishi, tekshirishi va izohlashi uchun sharoit yaratishi kerak.

Mavzuning dolzarbligi. Bugungi muhandislik faoliyatida grafik axborotning katta qismi raqamli muhitda yaratiladi va qayta ishlanadi. Shu sababli oliy ta'limda grafik tayyorgarlikning mazmuni ham raqamli modellashtirish, vizualizatsiya va interaktiv grafik muhit bilan uzviy bog'lanmoqda. Biroq raqamli vositadan foydalanishning o'zi fazoviy tafakkur avtomatik ravishda rivojlanishini anglatmaydi. Agar talaba CAD dasturida faqat buyruqlar ketma-ketligini mexanik takrorlasa, u dasturiy operatsiyalarni o'zlashtirishi mumkin, lekin chizmadan obyektni mustaqil ravishda tasavvur qilish yoki modelni tahlil qilish ko'nikmasi yetarli darajada shakllanmasligi mumkin.

Kösa va Karakuşning muhandislik talabalariga bag'ishlangan tadqiqotida CAD asosidagi muhandislik chizmachiligi kursi bilan fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalari o'rtasidagi bog'liqlik eksperimental dizayn orqali o'rganilgan. Tadqiqotda 116 nafar birinchi kurs muhandislik talabasi ishtirok etgan va CAD asosidagi faoliyatlar fazoviy vizualizatsiya ko'nikmalarining rivojlanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatgani xabar qilingan [3]. Bu natija raqamli grafik vositalarni fazoviy tafakkurni rivojlantirishga yo'naltirilgan metodika bilan birlashtirish muhimligini ko'rsatadi.

González Campos, Sánchez-Navarro va Arnedo-Moreno kompyuter grafikasi kursining vizual-fazoviy qobiliyatlarga ta'sirini empirik o'rgangan va kompyuter grafikasi kursida o'qish kuchliroq vizual-fazoviy qobiliyatlar bilan bog'liq bo'lishi mumkinligini ko'rsatgan [4]. Onyancha, Derov va Kinsey esa fazoviy qobiliyatni maqsadli mashqlar va CAD kursida ishtirok etish orqali rivojlantirish mumkinligi haqidagi oldingi tadqiqotlarni tahlil qilgan [5].

Shu nuqtayi nazardan, muhandislik grafikasi ta'limida "2D chizma — fazoviy tasavvur — 3D model — tahlil — qayta grafik ifodalash" ketma-ketligini didaktik jihatdan asoslash dolzarb masalalardan biridir. Mazkur maqolada asosiy e'tibor raqamli grafik vositalarning o'ziga emas, balki ularni qanday pedagogik vazifalar bilan

bog'lash, qaysi bosqichlarda qanday topshiriqlar berish va natijani qanday mezonlar orqali baholash masalalariga qaratiladi.

Tadqiqotning maqsadi. Tadqiqotning maqsadi — muhandislik grafikasi ta'limida talabalarining fazoviy tafakkurini rivojlantirish uchun raqamli grafik vositalardan foydalanishning pedagogik imkoniyatlarini aniqlash, ularni didaktik jihatdan tizimlashtirish hamda bosqichma-bosqich qo'llash modelini taklif etishdan iborat.

Tadqiqot obyekti va predmeti. Tadqiqot obyekti — oliy ta'limda muhandislik grafikasi fanini o'qitish jarayoni. Tadqiqot predmeti — mazkur jarayonda raqamli grafik vositalar, 2D/3D modellashtirish, vizualizatsiya va grafik topshiriqlar yordamida talabalarining fazoviy tafakkurini rivojlantirishning pedagogik shart-sharoitlari va metodik usullari.

Tadqiqot metodlari. Tadqiqotda ilmiy-pedagogik adabiyotlarni tahlil qilish, taqqoslash, tizimlashtirish, umumlashtirish, muhandislik grafikasi ta'limi tajribalarini metodik jihatdan sharhlash va pedagogik model konstruksiyasidan foydalanildi. Xorijiy tadqiqotlarda fazoviy qobiliyat, CAD, 3D modellashtirish va grafik ta'lim o'rtasidagi munosabatni o'rgangan ishlar mazmuniy jihatdan tahlil qilindi [1–8]. Maqolada keltirilgan pedagogik model mualliflik metodik taklifi bo'lib, u manbalarda tasvirlangan yondashuvlarning bevosita nusxasi sifatida emas, balki ularni muhandislik grafikasi ta'limi sharoitiga moslashtirish asosida ishlab chiqilgan.

Fazoviy tafakkurning muhandislik grafikasi ta'limidagi mazmuni

Fazoviy tafakkur insonning uch o'lchamli obyektlar, ularning qismlari, o'zaro joylashuvi va fazodagi o'zgarishlarini aqliy tasavvur qilish, saqlash, aylantirish va qayta tashkil etish imkoniyatlarini qamrab oladi. Muhandislik grafikasi uchun uning ahamiyati shundaki, chizma ko'pincha real obyektning o'zini emas, balki uning standartlashtirilgan grafik ifodasini beradi. Talaba chiziqlar, o'lchamlar, proyeksiyalar va shartli belgilar asosida obyektning fazoviy tuzilishini tiklashi kerak.

Marunić va Glažar fazoviy qobiliyatni muhandislik grafikasi ta'limining muvaffaqiyati bilan bog'liq muhim komponent sifatida ko'rsatadi va uni ta'lim hamda mashg'ulot orqali rivojlantirish mumkinligini qayd etadi [1]. Bunda fazoviy tafakkurni bitta umumiy qobiliyat sifatida emas, balki obyektning fazoda joylashtirish, aqliy aylantirish, proyeksiyalar o'rtasidagi munosabatni anglash, qismlarni butun bilan bog'lash kabi o'zaro aloqador faoliyatlar majmuasi sifatida ko'rish metodik jihatdan maqsadga muvofiq.

Muhandislik grafikasi darsida fazoviy tafakkur quyidagi faoliyatlarda namoyon bo'ladi: berilgan ikki yoki uchta proyeksiyadan detalning umumiy shaklini tasavvur qilish; detalning yetishmayotgan ko'rinishini aniqlash; kesim yoki qirqimdan obyektning ichki tuzilishini anglash; detalni fazoda ma'lum burchakka aylantirganda ko'rinishidagi o'zgarishni oldindan aytish; 3D modeldan tegishli 2D proyeksiyalarni hosil qilish; chizmada ko'rsatilgan konstruktiv elementlarning o'zaro joylashuvini tahlil qilish.

Shuning uchun fazoviy tafakkurni rivojlantirish natijasi faqat “obyektning ko'ra olish” bilan o'lchanmasligi kerak. Talaba fazoviy tasavvurni grafik faoliyat bilan

bog'lay olishi, o'z fikrini chizma yoki model orqali ifodalashi, modeldagi xatoni topishi va o'z yechimini izohlashi ham muhimdir.

Raqamli grafik vositalarning pedagogik imkoniyatlari

Raqamli grafik vositalar deganda ushbu maqolada 2D chizmachilik va 3D modellashtirishga xizmat qiluvchi CAD tizimlari, interaktiv vizualizatsiya vositalari va raqamli grafik muhitlar tushuniladi. Ularning pedagogik qiymati dasturdagi buyruqlar soni yoki texnik imkoniyatlarining ko'pligi bilan emas, balki o'quv maqsadiga muvofiq kognitiv faoliyatni qo'llab-quvvatlash darajasi bilan belgilanadi.

Birinchi imkoniyat — vizual qayta aloqa. An'anaviy qog'oz chizmada talaba xatoni ko'pincha natija tayyor bo'lgandan keyin sezadi. CAD muhitida esa obyektни aylantirish, kattalashtirish, koordinatalarni tekshirish yoki modelning boshqa ko'rinishini olish orqali xatoni jarayon davomida aniqlash mumkin. Bu o'qituvchiga ham talabaning fikrlash jarayonini muhokama qilish uchun qulay sharoit yaratadi.

Ikkinchi imkoniyat — bir obyektning turli reprezentatsiyalarini tez almashtirish. Masalan, 3D detal modeli, old ko'rinish, yuqoridan ko'rinish va yon ko'rinish o'rtasida o'tish orqali talaba proyeksiyalar va fazoviy obyekt o'rtasidagi bog'lanishni bevosita kuzatadi. Bu 2D va 3D tasvirlar o'rtasidagi semantik aloqani kuchaytiradi.

Uchinchi imkoniyat — dinamik tajriba. Talaba detalning bir parametrini o'zgartirib, boshqa elementlar bilan munosabat qanday o'zgarishini kuzatishi mumkin. Bunday faoliyat parametrik fikrlashni rivojlantirish bilan birga sabab-oqibat aloqalarini tushunishga yordam beradi.

To'rtinchi imkoniyat — individuallashtirish. Fazoviy tasavvuri kuchli talabaga murakkabroq detal yoki ko'p bosqichli loyiha berish, qiynalayotgan talabaga esa geometrik primitivlardan boshlanadigan soddalashtirilgan topshiriqlar taklif qilish mumkin. Bunda bir xil mavzu doirasida topshiriq murakkabligini farqlash pedagogik boshqaruv vositasiga aylanadi.

Beshinchi imkoniyat — takroriy vizualizatsiya. Bairaktarova, Williams va Katsioloudis tomonidan o'rganilgan multimodal yondashuvda auditoriya mashg'ulotlari video materiallar, qo'lda eskizlash, CAD va 3D obyektlar bilan ishlash kabi faoliyatlar bilan birlashtirilgan; tadqiqotda ayrim fazoviy o'lchovlar va chizma topshirig'idagi natijalarda statistik jihatdan sezilarli yaxshilanish qayd etilgan [6]. Bu raqamli vosita boshqa grafik faoliyatlarni almashtirishi emas, balki ular bilan uyg'unlashtirilishi kerakligini ko'rsatadi.

2D va 3D tasvirlar o'rtasidagi didaktik bog'lanish

Muhandislik grafikasi ta'limida 2D va 3D muhitlarni qarama-qarshi qo'yish metodik jihatdan to'g'ri emas. 2D chizma muhandislik kommunikatsiyasining standart vositasi bo'lib qoladi, 3D model esa obyektning fazoviy tuzilishini tushuntirish va tekshirish imkonini beruvchi qo'shimcha reprezentatsiya vazifasini bajaradi. Shuning uchun talaba bir tasvirdan ikkinchisiga o'tishni o'rganishi kerak.

Pedagogik nuqtayi nazardan quyidagi sikl samarali bo'lishi mumkin: avval chizma tahlil qilinadi; keyin obyektning geometrik elementlari ajratiladi; undan so'ng talaba fazoviy shaklni og'zaki yoki eskiz orqali tasvirlaydi; keyingi bosqichda 3D model quriladi; model aylantirib tekshiriladi; so'ng undan 2D proyeksiyalar hosil qilinadi va ular boshlang'ich chizma bilan taqqoslanadi. Mazkur siklning muhim

tomoni shundaki, talaba tayyor modelni ko'chirib chizmaydi, balki grafik axborotni qayta talqin qiladi.

Kösa va Karakuşning tadqiqoti CAD asosidagi muhandislik chizmachiligi faoliyatlarini fazoviy vizualizatsiya bilan bog'lash mumkinligini ko'rsatadi [3]. Shu bilan birga, 2026-yilda e'lon qilingan muhandislik dizayni va fazoviy ko'nikmalar bo'yicha tizimli sharh fazoviy ko'nikmalar bilan dizayn natijalari o'rtasidagi bog'liqlik bo'yicha dalillar bir xil emasligini va fazoviy ko'nikmalarni amaliy muhandislik grafikasi — eskizlash va CAD — bilan birga ko'rib chiqish zarurligini ta'kidlaydi [10]. Demak, maqolada taklif qilinayotgan model fazoviy tafakkurni alohida "test qobiliyati" emas, grafik faoliyat bilan birgalikda rivojlanadigan kompetensiya sifatida ko'radi.

Fazoviy tafakkurni rivojlantirishning pedagogik shart-sharoitlari

Raqamli vositalarning mavjudligi o'z-o'zidan ta'lim natijasini kafolatlamaydi. Ularni fazoviy tafakkurni rivojlantiruvchi vositaga aylantirish uchun bir qator pedagogik shart-sharoitlar zarur.

- o'quv maqsadining aniq qo'yilishi: har bir CAD topshirig'i muayyan fazoviy amal — aylantirish, ajratish, proyeksiyalash, taqqoslash yoki tahlil qilish — bilan bog'lanishi;

- oddiydan murakkabga tamoyili: geometrik primitivlardan boshlab konstruktiv elementlar va murakkab detallar tomon bosqichma-bosqich o'tish;

- 2D–3D integratsiyasi: chizma, eskiz va hajmiy model bir-birini to'ldiruvchi ta'limiy vositalar sifatida qo'llanishi;

- faol o'rganish: talaba tayyor modelni kuzatuvchi emas, modelni yaratish, o'zgartirish va tekshirish jarayonining faol ishtirokchisi bo'lishi;

- muammoli topshiriqlar: bitta buyruqni takrorlashga emas, yechimni izlashga majbur qiladigan grafik masalalar berilishi;

- refleksiya: talaba o'z chizmasi yoki modelidagi xatoni izohlashi, qaysi bosqichda muammo yuzaga kelganini aniqlashi va tuzatish usulini ko'rsatishi;

- differensial yondashuv: fazoviy tayyorgarligi turlicha bo'lgan talabalar uchun topshiriq murakkabligini moslashtirish.

Fazoviy tafakkurni rivojlantirishning bosqichli modeli

Tadqiqot natijalarini umumlashtirish asosida muallif tomonidan fazoviy tafakkurni rivojlantirishning olti bosqichli modeli taklif etiladi. Modelning asosiy g'oyasi — talabaning grafik faoliyatini geometrik shaklni tanishdan mustaqil fazoviy-konstruktiv faoliyatgacha izchil rivojlantirishdir. Mazkur model amaliy tajriba natijasi sifatida emas, balki tahlil qilingan ilmiy-metodik manbalar va muhandislik grafikasi ta'limining didaktik mantiqi asosida ishlab chiqilgan metodik taklif sifatida qoraladi.

Bosqich	O'quv mazmuni	Asosiy fazoviy amal	Raqamli faoliyat	Kutiladigan natija
I	Geometrik primitivlar	Shaklni tanish va fazoda joylashtirish	2D/3D primitivlar bilan ishlash	Asosiy fazoviy tasavvur
II	Geometrik bog'lanishlar	Elementlar munosabatini anglash	Parallel, perpendikulyar, konsentrik va	Aniqlik va mantiqiy fikrlash

			simmetrik bog'lanishlar	
III	2D proyeksiyalar	2D–3D aloqani tiklash	Ko'rinishlarni solishtirish va 3D modelga o'tish	Proyeksion tafakkur
IV	Oddiy 3D detallar	Aqliy aylantirish va tahlil	Modelni aylantirish, kesim va ko'rinishlarni tekshirish	Fazoviy vizualizatsiya
V	Murakkab konstruktiv modellar	Qismlarni butun bilan bog'lash	Featurelar va parametrlar bilan modellashtirish	Fazoviy-konstruktiv tahlil
VI	Grafik loyiha	Mustaqil fazoviy yechim	Model–chizma–tahlil–taqdimot sikli	Kompleks grafik kompetensiya

1-jadval. Fazoviy tafakkurni rivojlantirishning bosqichli modeli. Manba: muallif tomonidan ilmiy-metodik manbalar tahlili asosida ishlab chiqilgan.

Grafik topshiriqlar tizimi

Fazoviy tafakkurni rivojlantirishda topshiriq mazmuni hal qiluvchi ahamiyatga ega. Oddiy “detalni CAD dasturida chizing” topshirig'i talabning fazoviy tafakkurini to'liq ochib bermaydi. Topshiriq talabning bir nechta fikrlash operatsiyasini ketma-ket bajarishini talab qilishi lozim.

Birinchi turdagi topshiriqlar geometrik identifikatsiyaga qaratiladi. Talabaga kub, prizma, silindr, konus yoki ularning kombinatsiyasi berilib, ularning asosiy geometrik elementlarini aniqlash vazifasi beriladi. Keyingi bosqichda mazkur elementlarning o'zaro joylashuvi, simmetriyasi, o'qlari va o'lchamlarini aniqlash talab qilinadi. Bu bosqich dasturiy buyruqlardan ko'ra geometrik fikrlashni ustuvor qo'yadi.

Ikkinchi turdagi topshiriqlar 2D tasvirdan 3D shaklni tiklashga yo'naltiriladi. Masalan, detalning old, yuqori va yon ko'rinishlari berilib, talaba avval obyektning fazoviy tuzilishini og'zaki yoki qo'lda eskiz orqali ifodalaydi, keyin CAD muhitida model yaratadi. Bu yerda dastur “javobni ko'rsatuvchi” emas, talabning o'z taxminini tekshiruvchi vosita sifatida ishlatiladi.

Uchinchi turdagi topshiriqlar 3D modeldan 2D proyeksiyalarni hosil qilishga qaratiladi. Talaba modelni qurib bo'lgach, uning old, yuqori va yon ko'rinishlarini hosil qiladi, keyin qaysi ko'rinish detalning qaysi konstruktiv elementini aniqroq ifodalashini asoslaydi. Shu tariqa grafik tasvirni tanlash ham fazoviy tahlil jarayoniga aylanadi.

To'rtinchi turdagi topshiriqlar xatoni aniqlashga asoslanadi. Talabaga ataylab noto'g'ri qurilgan model yoki noto'g'ri proyeksiyalangan detal beriladi. U xatoni aniqlashi, uning sababini tushuntirishi va modelni tuzatishi kerak. Bunday topshiriqlar tahliliy va reflektiv faoliyatni kuchaytiradi.

Beshinchi turdagi topshiriqlar aqliy aylantirishni talab qiladi. Talaba detalning boshlang'ich holatini ko'rib, ma'lum yo'nalishda aylantirilganda qaysi yuzalar ko'rinishi yoki qaysi proyeksiya qanday o'zgarishini oldindan aytadi. Keyin CAD

muhitida model aylantirilib, taxmin tekshiriladi. Bunda raqamli vosita talabani javobini almashtirmaydi, balki uning fikrlash natijasini tekshiruvchi vositaga aylanadi.

Oltinchi turdagi topshiriqlar mustaqil grafik loyiha ko‘rinishida tashkil etiladi. Talaba real yoki shartli detalni tanlaydi, uning geometrik tuzilishini tahlil qiladi, 3D model yaratadi, asosiy 2D ko‘rinishlarni hosil qiladi, konstruktiv elementlarni izohlaydi va yakuniy natijani himoya qiladi. Bu bosqichda fazoviy tafakkur grafik kompetensiyani boshqa komponentlari bilan integratsiyalashadi

Raqamli muhitda o‘qituvchi faoliyatining metodik yo‘nalishlari

Raqamli grafik muhitda o‘qituvchining vazifasi faqat dastur buyruqlarini ko‘rsatish bilan cheklanmasligi kerak. O‘qituvchi, avvalo, fazoviy fikrlashni faollashtiruvchi savollarni ishlab chiqadi. Masalan: “Bu detalning ichki qismi qanday joylashgan?”, “Agar obyekt 90 darajaga aylantirilsa, qaysi yuzalar ko‘rinadi?”, “Qaysi proyeksiya ushbu elementni aniqroq ko‘rsatadi?”, “Modeldagi bu o‘zgarish boshqa qaysi elementlarga ta’sir qiladi?” kabi savollar talabani grafik harakatini kognitiv faoliyat bilan bog‘laydi.

O‘qituvchi demonstratsiya vaqtida tayyor natijani uzoq ko‘rsatishdan ko‘ra, muammoni yechish jarayonini namoyish qilishi maqsadga muvofiq. Bunda “avval nimani aniqlash kerak?”, “qaysi geometrik primitivdan boshlash mumkin?”, “qaysi bog‘lanish asosiy?”, “modelni tekshirishning qaysi usulidan foydalanamiz?” kabi savollar bilan fikrlash algoritmi ochib beriladi.

Shuningdek, o‘qituvchi raqamli vositadan foydalanishdagi texnik qiyinchiliklarni fazoviy tafakkur bilan bog‘lab yubormasligi lozim. Talabani CAD buyruqlarini bilmasligi bilan fazoviy tasavvurining pastligi bir xil hodisa emas. Shu sababli baholashda dasturiy texnik mahorat va fazoviy-kognitiv natijalarni imkon qadar alohida ko‘rsatkichlar orqali kuzatish maqsadga muvofiq.

Fazoviy tafakkurni baholash mezonlari sifatiga tayanish yetarli emas. Talabani obyektini tasavvur qilishi, proyeksiyalarni bog‘lashi, modelni tahlil qilishi va o‘z yechimini asoslay olishi ham hisobga olinishi kerak.

Mezon	Yuqori daraja	O‘rta daraja	Boshlang‘ich daraja
Fazoviy tasavvur	Obyekt shaklini mustaqil va aniq tasavvur qiladi	Asosiy shaklni anglaydi, ayrim elementlarda yordam kerak	Fazoviy shaklni tiklashda sezilarli qiyinchilik mavjud
2D–3D bog‘lanish	Proyeksiyalar va model o‘rtasidagi aloqani mustaqil o‘rnatadi	Aloqani qisman o‘rnatadi	Ko‘rinishlar o‘rtasidagi bog‘lanishni tushunishda qiynaladi
Aqliy aylantirish	Fazodagi o‘zgarishni oldindan aniq ayta oladi	Oddiy aylantirishlarni bajara oladi	Aylantirish natijasini tasavvur qilishda qiynaladi
Grafik tahlil	Xatoni topadi, sababini tushuntiradi va tuzatadi	Xatoni topadi, ammo izohlashda yordam kerak	Xatoni aniqlashda qiynaladi
CADdan foydalanish	Raqamli vositani maqsadga muvofiq va mustaqil qo‘llaydi	Asosiy vositalardan foydalanadi	Amallarni asosan ko‘rsatma asosida bajaradi

Refleksiya	Yechimini asoslaydi va takomillashtirish yo'lini ko'rsatadi	O'z ishini umumiy baholaydi	Natijasini izohlashda qiynaladi
------------	---	--------------------------------	------------------------------------

2-jadval. Fazoviy tafakkurni baholash mezonlari. Manba: muallif tomonidan taklif etilgan mezonlar tizimi.

Muhokama

Tahlil qilingan tadqiqotlar raqamli grafik vositalar va fazoviy ko'nikmalar o'rtasidagi munosabatni turli metodlar orqali yoritadi. Marunić va Glažar muhandislik grafikasi ta'limida fazoviy qobiliyatning o'rnini nazariy jihatdan asoslagan [1; 2]. Kösa va Karakuş CAD asosidagi ta'limni nazorat guruhi bilan taqqoslagan kvazi-eksperimental tadqiqot orqali fazoviy vizualizatsiya rivojlanishiga ijobiy ta'sir haqida xulosa bergan [3]. González Campos va hammualliflar kompyuter grafikasi kursi bilan vizual-fazoviy qobiliyat o'rtasidagi aloqani empirik ma'lumotlar asosida ko'rsatgan [4]. Onyancha va hammualliflar esa maqsadli trening hamda CAD bilan bog'liq o'qishning fazoviy qobiliyatga ta'sirini tahlil qilgan [5].

Biroq ushbu natijalarni "CAD dasturidan foydalanishning o'zi yetarli" degan sodda xulosaga aylantirish to'g'ri emas. 2026-yilgi tizimli sharh fazoviy ko'nikmalar va muhandislik dizayni o'rtasidagi bog'liqlik bo'yicha tadqiqotlarda bir xil xulosalar mavjud emasligini, ayrim ishlar korrelyatsiyani ko'rsatgani bilan sababiy bog'liqlikni isbotlash uchun eksperimental dizaynlar har doim ham yetarli bo'lmaganini qayd etadi [10]. Shuning uchun raqamli vositalardan foydalanish metodikasi o'quv maqsadi, topshiriq mazmuni va baholash mezonlari bilan birgalikda ko'rib chiqilishi kerak.

Boshqa tomondan, 3D muhitning vizual imkoniyatlari talabani tayyor modelga haddan tashqari bog'lab qo'yish xavfini ham keltirib chiqarishi mumkin. Agar o'qituvchi har bir masalani darhol 3D ko'rinishda namoyish etsa, talaba 2D chizmadan mustaqil ravishda fazoviy obyekttni tiklash faoliyatini kamroq bajarishi mumkin. Shu sababli metodik ketma-ketlikda "avval taxmin — keyin raqamli tekshiruv" tamoyili muhim o'rin egallaydi.

Mazkur maqolada taklif qilinayotgan yondashuvning asosiy farqi shundan iboratki, raqamli grafik vosita maqsad emas, balki fazoviy fikrlash operatsiyalarini faollashtirish vositasi sifatida qaraladi. Bu yondashuvda 3D modelni qurish jarayoni chizma o'qish, geometrik tahlil, aqliy aylantirish, proyeksiyalash, xatoni aniqlash va refleksiya bilan birlashtiriladi.

Ilmiy yangilik

Maqolaning ilmiy-metodik yangiligi muhandislik grafikasi ta'limida fazoviy tafakkurni rivojlantirishga yo'naltirilgan raqamli grafik faoliyatni yagona bosqichli didaktik model asosida tashkil etish taklifida namoyon bo'ladi. Modelda geometrik primitivlarni anglashdan boshlab 2D–3D bog'lanish, fazoviy vizualizatsiya, konstruktiv tahlil va mustaqil grafik loyihagacha bo'lgan izchil rivojlanish yo'li belgilangan.

Shuningdek, maqolada raqamli grafik vositalarning pedagogik imkoniyatlari besh yo'nalishda tizimlashtirildi: vizual qayta aloqa, reprezentatsiyalarni almashtirish, dinamik tajriba, individuallashtirish va takroriy vizualizatsiya. Bu imkoniyatlar fazoviy tafakkurning tegishli amallari bilan bog'landi. Taklif etilgan baholash mezonlari esa fazoviy tasavvur, 2D–3D bog'lanish, aqliy aylantirish, grafik tahlil, CADdan foydalanish va refleksiyani alohida kuzatish imkonini beradi.

Amaliy ahamiyati

Taklif etilayotgan metodik yondashuv muhandislik grafikasi, muhandislik kompyuter grafikasi, chizma geometriya va CAD asosidagi fanlarda amaliy mashg'ulotlarni loyihalashda qo'llanishi mumkin. O'qituvchi jadvaldagi bosqichlar asosida topshiriqlarni ketma-ket tuzishi, har bir bosqich uchun 2D va 3D faoliyatni uyg'unlashtirishi hamda talabalar natijasini mezonlar asosida baholashi mumkin.

Yondashuvdan individual ta'lim yo'nalishlarini ishlab chiqishda ham foydalanish mumkin. Masalan, fazoviy tasavvuri sust talabalar uchun geometrik primitivlar va soddada kombinatsiyalardan boshlanadigan topshiriqlar berilib, keyinchalik 2D–3D o'tish murakkablashtiriladi. Tayyorligi yuqori talabalar esa parametrik o'zgarishlar, murakkab konstruktiv elementlar va mustaqil grafik loyihalarga yo'naltiriladi.

Kelgusida mazkur metodik modelni tajriba-sinov ishlari orqali tekshirish, nazorat va tajriba guruhlari natijalarini fazoviy vizualizatsiya testlari hamda amaliy grafik topshiriqlar bilan o'lchash, shuningdek turli CAD platformalarida metodikaning transfer imkoniyatlarini aniqlash maqsadga muvofiq. Bunda natijalarni faqat test ballari bilan emas, balki chizma aniqligi, topshiriqni bajarish vaqti, xatolar soni, mustaqillik va refleksiv izohlar bilan kompleks baholash mumkin.

Xulosa

Muhandislik grafikasi ta'limida talabaning fazoviy tafakkurini rivojlantirish grafik tayyorgarlikning muhim tarkibiy qismidir. Fazoviy tafakkur chizma o'qish, proyeksiyalarni anglash, uch o'lchamli obyektни tasavvur qilish, aqliy aylantirish, modelni tahlil qilish va grafik shaklda qayta ifodalash kabi o'zaro bog'langan faoliyatlarni qamrab oladi.

Ilmiy manbalar tahlili CAD asosidagi mashg'ulotlar, kompyuter grafikasi kurslari va maqsadli fazoviy treninglar talabalarning fazoviy ko'nikmalarini rivojlantirish bilan bog'liq bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi [3–6]. Shu bilan birga, zamonaviy tizimli sharhlar bu munosabatni soddalashtirib talqin qilmaslik, fazoviy ko'nikmalarni amaliy grafik faoliyat bilan birgalikda rivojlantirish zarurligini ko'rsatmoqda [10].

Maqolada taklif etilgan metodik yondashuvga ko'ra, raqamli grafik vositalardan foydalanish "dastur buyruqlarini o'rgatish" bilan chegaralanmasligi, balki 2D chizma, fazoviy tasavvur, 3D modellashtirish, tahlil, proyeksiyalash va refleksiyani yagona pedagogik siklga birlashtirishi lozim. Bunda talaba tayyor 3D modelni tomosha qiluvchi emas, balki grafik axborotni mustaqil talqin qiluvchi va tekshiruvchi faol subyekt sifatida shakllanadi.

Shunday qilib, muhandislik grafikasi ta'limida raqamli grafik vositalarning pedagogik samarasi ularning texnik imkoniyatlari bilangina emas, balki o'quv topshirig'ining kognitiv tuzilishi, bosqichma-bosqich murakkablashtirilishi, 2D va 3D tasvirlarning didaktik integratsiyasi, individual yondashuv va refleksiv baholash bilan belgilanadi. Taklif etilgan modelni keyingi bosqichda tajriba-sinov asosida tekshirish muhandislik grafikasi ta'limida fazoviy tafakkurni rivojlantirish metodikasining ilmiy asoslarini yanada kuchaytirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Marunić G., Glažar V. Spatial Ability through Engineering Graphics Education // *International Journal of Technology and Design Education*. — 2013. — Vol. 23, No. 3. — P. 703–715.
2. Marunić G., Glažar V. Improvement and assessment of spatial ability in engineering education // *Engineering Review*. — 2014. — Vol. 34, No. 2. — P. 139–150.
3. Kösa T., Karakuş F. The effects of computer-aided design software on engineering students' spatial visualisation skills // *European Journal of Engineering Education*. — 2018. — Vol. 43, No. 2. — P. 296–308. — DOI: 10.1080/03043797.2017.1370578.
4. González Campos J.S., Sánchez-Navarro J., Arnedo-Moreno J. An empirical study of the effect that a computer graphics course has on visual-spatial abilities // *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. — 2019. — Vol. 16. — Article 41. — DOI: 10.1186/s41239-019-0169-7.
5. Onyancha R.M., Derov M., Kinsey B.L. Improvements in Spatial Ability as a Result of Targeted Training and Computer-Aided Design Software Use: Analyses of Object Geometries and Rotation Types // *Journal of Engineering Education*. — 2009. — Vol. 98. — P. 157–167. — DOI: 10.1002/j.2168-9830.2009.tb01014.x.
6. Bairaktarova D., Williams D., Katsioloudis P. Analysis of Blended and Multi-Modal Instruction and Its Effects on Spatial Visualization Ability // *Engineering Design Graphics Journal*. — 2019. — Vol. 83. — P. 14–26.
7. Sorby S.A., Baartmans B.J. The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3-D Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students // *Journal of Engineering Education*. — 2000.
8. Alqahtani A.S., Daghestani L.F., Ibrahim L.F. Techniques used to Improve Spatial Visualization Skills of Students in Engineering Graphics Course: A Survey // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. — 2017. — Vol. 8, No. 3. — DOI: 10.14569/IJACSA.2017.080315.
9. UNESCO. ICT Competency Framework for Teachers. Version 3.0. — Paris: UNESCO, 2018. — 68 p.
10. Engineering Design and Spatial Skills: A Systematic Literature Review // *Journal of Mechanical Design*. — 2026. — DOI: 10.1115/1.4070965.
11. Velázquez J.S., Cavas F., Castillo Fuentes M., García-Ros R. Educational Pathways, Spatial Skills, and Academic Achievement in Graphic Expression in First Year of Engineering // *Education Sciences*. — 2023. — Vol. 13, No. 7. — Article 756. — DOI: 10.3390/educsci13070756.
12. Radjabov M. Scientific and Methodological Basis for Developing Spatial Representations in Students when Teaching the Topic “Types” in the Course of Engineering Graphics // *Journal of Applied Science and Social Science*. — 2025. — Vol. 15, No. 3.