

TA'LIM VA TARAQQIYOT

Ilmiy-uslubiy jurnali



2026-YIL MAXSUS SON (6-1)

Bosh muharrir: Namangan davlat pedagogika instituti rektori B.E.Xusanov
Mas'ul muharrir: Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha prorektor M.R.Qodirxonov
Mas'ul muharrir o'rinbosari: Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i J.A.Yuldashev

TAHRIR HAY'ATI

Aniq va tabiiy fanlar: k.f.d., prof. Sh.Abdullayev, f-m.f.d., dots. R.Xakimov, k.f.d., prof. N.Vohidova, k.f.d., dots. M.Qodirxonov, b.f.d., dots. A.Batashov, f-m.f.n., dots., T.Abdullayev, p.f.n., dots. M.Eshnazarova, p.f.n., dots. G'.Nafasov, p.f.n., dots. M.Boltayeva.
Texnika fanlari: t.f.d., prof. A.Umarov, t.f.d., prof. A.Qayumov, PhD, dots. Sh.Xudoyqulov, PhD, dots. Abdunazarov.
Ijtimoiy-gumanitar fanlar: s.f.d., prof. T.Fayzullayev, tar.f.d., prof. A.Rasulov. f.f.d., prof. M.Ismoilov, i.f.d., dots. N.Sotivoldiyev, t.f.n., dots. A.Isoqboyev, f.f.n., dots. O.Mamatov, t.f.n., dots. Z.Haydarov, PhD. J.Yuldashev, PhD. A.Abdullayev.
Pedagogika fanlari: p.f.d., prof. B.Xodjayev, p.f.d., prof. X.Najmiddinova, p.f.d., prof. T.Ismoilov, p.f.d., prof. S.Abdullayev. p.f.d., prof., M.Y.Sobirova, p.f.d., prof., R.Zamilova, p.f.d., prof. Sh.Xujamberdiyeva, p.f.d., dost. M.Asqarova, PhD, dots. M.Asranboyeva.
Filologiya fanlari: fil.f.d., prof. N.Uluqov, fil.f.d., prof. H.Usmanova, f.f.d., dots. X.Shokirova, p.f.n., dots. S.Misirov, p.f.n., dots. Sh.Ubaydullayev, PhD, dots. P.Lutfullayev, PhD, dots. M.Yakubbayev.

Texnik muharrir: R. Tursunov

Tahririyat manzili: Namangan shahri, Uychi ko'chasi, 316-uy.

Pochta indeksi: 160136, **Faks:** (0369) 227-27-21,

Email: Info@namspi.uz

"Ta'lim va taraqqiyot" ilmiy-uslubiy jurnali elektron to'plam sifatida O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi (AOKA)ning 2022-yil 25-oktabrdagi № 045044 raqamli guvohnomasi asosida chop etiladi. Jurnal Oliy Attestatsiya komissiyasining 2024-yil 30-noyabrdagi (№ 364/5) yig'ilishi qaroriga asosan pedagogika fanlari bo'yicha falsafa fanlari doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan. UDK: 37, Xalqaro standartlashtirish raqami (ISSN): 2992-9008.

Maqolalarning ilmiy saviyasi va keltirilgan ma'lumotlar uchun mualliflar javobgar hisoblanadi.

MUHANDISLIK KOMPYUTER GRAFIKASI FANIDAN MURAKKAB FAZOVIY SHAKLLARNI IMMERSIV METODLAR ORQALI O'QITISH METODIKASI

Tadjibayev Azizbek Batirovich

Namangan davlat pedagogika instituti

Art pedagogika kafedrası PhD, dotsenti

tabphd@mail.ru +998945905883

Muhammadjonov Oybek Ma'murjon o'g'li

Namangan davlat pedagogika instituti

Muhandislik grafikasi va dizayn nazariyasi mutaxassisligi magistranti

oybekmuhammadjonov55@gmail.com, +998938772298

Annotatsiya: Ushbu maqolada oliy ta'lim muassasalarida "Muhandislik kompyuter grafikasi" fanini o'qitishda murakkab fazoviy shakllar hamda qirimlarni o'zlashtirishni ta'minlaydigan immersiv metodikaning mazmuni, didaktik tamoyillari va amaliy modeli yoritiladi. Tadqiqotning maqsadi-talabalarning fazoviy tasavvuri, uch o'lchamli modelni xayolan aylantirish, fazoviy munosabatlarni tahlil qilish va ikki o'lchamli grafik tasvirni uch o'lchamli modelga aylantirish ko'nikmalarini rivojlantirishga yo'naltirilgan metodik tizimni ishlab chiqish. Tadqiqotda nazariy tahlil, qiyosiy tahlil, ilmiy adabiyotlarni tizimli tavsiflash, pedagogik modellash, mazmuniy tahlil va diagnostik mezonlarni loyihalash metodlaridan foydalanildi. Natijada immersiv o'qitishning diagnostika, tayyorgarlik, immersiv kuzatish, interaktiv o'zgartirish, grafik rekonstruksiya va refleksiya bosqichlaridan iborat modeli taklif etildi. Murakkab jismlarni real vaqt rejimida aylantirish, kesish tekisligini siljitish, yashirin elementlarni ko'rish, qirqimning haqiqiy shaklini aniqlash va 3D modeldan chizmaga o'tish imkoniyatlarini yagona didaktik siklga birlashtirish metodikaning asosiy natijasi sifatida asoslandi. Xulosa qilinishicha, immersiv vositalar mustaqil texnologik effekt sifatida emas, balki aniq o'quv maqsadlari va mezonli baholash bilan uyg'unlashtirilgandagina fazoviy tafakkurni rivojlantirishda samarali metodik vositaga aylanishi mumkin.

Kalit so'zlar: muhandislik grafikasi, kompyuter grafikasi, fazoviy tasavvur, immersiv ta'lim, virtual reallik, kengaytirilgan reallik, murakkab shakllar, qirqimlar, 3D modellash, fazoviy tafakkur, grafik rekonstruksiya, mezonli baholash.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ СЛОЖНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ
ФОРМАМ ПОСРЕДСТВОМ ИММЕРСИВНЫХ МЕТОДОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Аннотация: В данной статье освещаются содержание, дидактические принципы и практическая модель иммерсивной методики, обеспечивающей усвоение сложных пространственных форм и cutouts (вырезов/разрезов) при преподавании дисциплины „Инженерная компьютерная графика“ в высших учебных заведениях. Цель исследования — разработка методической системы, направленной на развитие у студентов пространственного воображения, навыков мысленного вращения трёхмерной модели, анализа пространственных отношений и преобразования двумерного графического изображения в трёхмерную модель. В исследовании использованы методы теоретического и сравнительного анализа, систематического описания научной литературы, педагогического моделирования, контент-анализа и проектирования диагностических критериев. В результате предложена модель иммерсивного обучения, включающая этапы диагностики, подготовки, иммерсивного наблюдения, интерактивного преобразования, графической реконструкции и рефлексии. Обосновано объединение в едином дидактическом цикле операций вращения сложных тел, перемещения секущей плоскости, визуализации скрытых элементов, определения истинной формы сечения и перехода от трехмерной модели к чертежу. Делается вывод, что иммерсивные средства становятся эффективным методическим инструментом развития пространственного мышления только при их согласовании с четкими учебными целями, деятельностными заданиями, педагогическим сопровождением и критериальным оцениванием.

Ключевые слова: инженерная графика, компьютерная графика, пространственное представление, иммерсивное обучение, виртуальная реальность, дополненная реальность, пространственные формы, сечения, 3D-моделирование, пространственное мышление, графическая реконструкция, оценивание.

METHODOLOGY OF TEACHING COMPLEX SPATIAL SHAPES THROUGH IMMERSIVE METHODS IN ENGINEERING COMPUTER GRAPHICS

Annotation: This article highlights the content, didactic principles, and practical model of an immersive methodology designed to ensure the mastery of complex spatial shapes and cutouts in teaching the subject 'Engineering Computer Graphics' in higher education institutions. The objective of the research is to develop a methodological system aimed at enhancing students' spatial imagination, mental rotation of 3D models, analysis of spatial relationships, and the skills to convert 2D graphic representations into 3D models. The research employs theoretical analysis, comparative analysis, systematic descriptive review of scientific literature, pedagogical modeling, content analysis, and the design of diagnostic assessment criteria. As a result, an immersive teaching model is proposed, consisting of diagnostic, preparatory, immersive observation,

interactive transformation, graphical reconstruction, and reflection stages. The model integrates real-time rotation of complex solids, movement of section planes, visualization of hidden elements, determination of true section shapes, and transition from 3D models to engineering drawings within a single didactic cycle. The article argues that immersive technologies should not be treated as an end in themselves. Their educational effectiveness depends on alignment with clearly defined learning objectives, activity-based tasks, guided interaction, feedback, and criterion-referenced assessment. The proposed methodology creates conditions for gradually moving students from visual perception to spatial reasoning, analytical transformation, and independent graphical reconstruction of complex engineering objects.

Keywords: *engineering graphics, computer graphics, spatial visualization, immersive learning, virtual reality, augmented reality, complex solids, sections, 3D modeling, spatial thinking, graphical reconstruction, criterion-based assessment.*

KIRISH

Muhandislik kompyuter grafikasi fani oliy ta'limning tasviriy san'at va muhandislik grafikasi yo'nalishlarida talabalarning fazoviy tasavvuri, grafik savodxonligi, pedagogik, dizayn va geometrik tahlil qobiliyati hamda raqamli modellash kompetensiyalarini shakllantirishda muhim o'rin egallaydi. Mazkur fanning o'ziga xosligi shundaki, unda o'quvchi yoki talaba faqat tayyor grafik tasvirni o'qibgina qolmay, balki ikki o'lchamli tasvir orqali uch o'lchamli ob'yektning geometrik tuzilishini tasavvur qilishi, ob'yektni turli rakurslardan tahlil qilishi, uni aqliy ravishda aylantirishi, qismlarga ajratishi va qayta konstruksiya qilishi zarur. Ayniqsa, murakkab fazoviy shakllar, o'zaro kesishuvchi jismlar, sirtlar, qiya kesuvchi tekisliklar, qirqimning haqiqiy shaklini aniqlash, yashirin konturlarni farqlash va uch o'lchamli modelni standart grafik proyeksiyalarga aylantirish kabi topshiriqlar talabalardan yuqori darajadagi fazoviy vizualizatsiya va fazoviy mantiqni talab etadi. Ilmiy tadqiqotlarda uch o'lchamli ob'ektlarni tasavvur qilish, ayniqsa ularni tasavvur orqali aylantirish qobiliyati muhandislik va texnik faoliyat uchun muhim kognitiv ko'nikma sifatida qayd etilgan [2].

Shuningdek, fazoviy qobiliyatlarni maxsus mashg'ulotlar orqali rivojlantirish mumkinligi ko'rsatilgan [1]. An'anaviy ta'lim jarayonida murakkab geometrik ob'ektlar ko'pincha doska, qog'ozli chizma, statik proyeksiya yoki ikki o'lchamli kompyuter tasviri orqali tushuntiriladi. Mazkur vositalar grafik bilimlarning asosiy qismini berishga qodir bo'lsa-da, talabaning ob'yekt bilan bevosita fazoviy munosabatga kirishishi, uni harakatlantirishi, kesish tekisligini o'zgartirishi va jarayonni real vaqt rejimida kuzatishi imkoniyati cheklangan. Natijada o'qituvchi namoyish etayotgan ob'yektning uch

o'lchamli tuzilishini talaba ko'pincha o'zining ichki fazoviy modeli asosida qayta tiklashga majbur bo'ladi. Bu muammoni bartaraf etishda immersiv vizualizatsiya texnologiyalari, xususan virtual reallik (VR), kengaytirilgan reallik (AR), aralash reallik (MR), boshga o'rnatiladigan displeylar (HMD), interaktiv 3D modellar, fazoviy simulyatsiyalar va dinamik kesish vositalaridan foydalanish yangi metodik imkoniyatlarni yaratadi. Oliy ta'limdagi immersiv virtual reallik tadqiqotlarini qamrab olgan sistematik tahlillarda texnologiyaning ayniqsa murakkab, abstrakt yoki protseduraviy mazmunni vizual va interaktiv tarzda o'rganishda istiqbolli ekanligi qayd etilgan [2].

Shu bilan birga, uning samarasi texnologiyaning o'zidan ko'ra, o'quv maqsadi, metodik dizayn va baholash tizimi bilan uyg'unlashuviga bog'liqligi ta'kidlangan [3; 4]. Muammoning dolzarbligi aynan "Muhandislik kompyuter grafikasi" fani kontekstida yanada kuchayadi. Chunki mazkur fanda fazoviy shaklni shunchaki ko'rish yetarli emas; talaba ko'rgan ob'yektining geometrik tuzilishini tahlil qilishi, uning muhim elementlarini ajratishi, qirqim natijasini oldindan taxmin qilishi va natijani standart grafik qoidalar asosida ifodalashi lozim. Demak, immersiv o'qitish faqat "ko'rsatish" emas, balki "ko'rish — o'zgartirish — tahlil qilish — grafik ifodalash — tekshirish" faoliyatlarining yagona didaktik sikliga aylantirilishi kerak. Tadqiqotning asosiy muammosi shundan iboratki, immersiv texnologiyalarning mavjud imkoniyatlari bilan muhandislik kompyuter grafikasi fanining o'ziga xos metodik ehtiyojlari o'rtasida uzviy didaktik bog'lanishning aniq modeli yetarli darajada ishlab chiqilmagan. 2025-yilda e'lon qilingan oliy ta'limdagi immersiv virtual reallik bo'yicha sistematik sharh ham sohada tadqiqot dizaynlari va standartlashtirilgan pedagogik yondashuvlarning yetarli darajada shakllanmaganini ko'rsatadi [6].

Mualliflar 291 ta dastlabki maqoladan 50 tasini batafsil tahlil qilib, ko'plab tadqiqotlarda dalillarga asoslangan va validatsiyalangan pedagogik natijalar yetishmasligini qayd etgan [6]. Shundan kelib chiqib, maqolaning maqsadi — oliy ta'limda "Muhandislik kompyuter grafikasi" fanlarida murakkab fazoviy shakllar hamda qirqimlarni immersiv metodlar orqali o'qitishning ilmiy-metodik modelini ishlab chiqish va uning didaktik imkoniyatlarini asoslash.

Tadqiqot maqsadidan kelib chiqib quyidagi vazifalar belgilandi:

murakkab fazoviy ob'ektlarni o'zlashtirishda mavjud didaktik muammolarni aniqlash;

immersiv metodlarning fazoviy vizualizatsiyaga ta'sir qiluvchi pedagogik imkoniyatlarini tahlil qilish;

murakkab shakllar va qirqimlarni o'rgatishga mo'ljallangan bosqichli metodik modelni ishlab chiqish;

interaktiv 3D manipulyatsiya bilan grafik rekonstruksiya o'rtasidagi didaktik bog'liqlikni aniqlash;

talabalarning fazoviy tasavvurini mezonlar asosida baholash tizimini taklif etish.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi sifatida immersiv texnologiyalarni alohida texnik vosita sifatida emas, balki fazoviy idrokdan mustaqil grafik faoliyatgacha bo'lgan uzluksiz didaktik sikl sifatida tashkil etish modeli taklif etilayotganini ko'rsatish mumkin. Mazkur modelda virtual ob'yektni tomosha qilishdan tashqari, ob'yektni aylantirish, qismlarga ajratish, kesish tekisligini harakatlantirish, yashirin elementlarni aniqlash, qirqimning haqiqiy shaklini topish va natijani 3D grafik tasvirga ko'chirish jarayonlari ketma-ketligi nazarda tutiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR

Fazoviy qobiliyat muhandislik ta'limining muhim kognitiv komponentlaridan biri hisoblanadi [1]. Ingliz olimi Sorby tadqiqotlarida uch o'lchamli vizualizatsiya, xususan fazoviy ob'ektlarni tasavvur orqali aylantirish muhandislik faoliyati uchun muhim qobiliyat ekanligi asoslangan. Muallif fazoviy ko'nikmalar tug'ma va o'zgarmas xususiyat emas, balki maqsadli pedagogik mashg'ulotlar orqali rivojlantirilishi mumkin bo'lgan qobiliyat sifatida talqin qiladi. Martín-Gutiérrez va hamkorlari tomonidan ishlab chiqilgan AR-Dehaes tizimi ham muhandislik talabalari uchun fazoviy qobiliyatni rivojlantirishda virtual uch o'lchamli modellarni real muhit bilan integratsiyalash samarali pedagogik vosita bo'lishi mumkinligini ko'rsatgan [2]. Tadqiqotda 24 nafar mexanika muhandisligi talabasi ishtirokidagi qisqa mashg'ulotlar natijasida fazoviy qobiliyatda ijobiy o'zgarish qayd etilgan [2].

Muhandislik grafikasi ta'limida VR, AR va PDF3D texnologiyalarini taqqoslagan tadqiqotlarda fazoviy ko'nikmalarni rivojlantirish uchun interaktiv uch o'lchamli modellar bilan ishlash imkoniyatlari alohida ahamiyat kasb etishi ko'rsatilgan. Radianti va hammualliflarning sistematik tahlili oliy ta'limda immersiv virtual reallikdan foydalanish bo'yicha mavjud tadqiqotlarni tizimlashtirib, ularning ko'plari muayyan fan yoki alohida topshiriq darajasida qolayotganini va VRning to'liq o'quv dasturiga integratsiyasi hali yetarli darajada tizimlashtirilmaganini ko'rsatadi [6]. Tadqiqotchilar Pellas, Mystakidis va Kazanidis tomonidan bajarilgan keyingi sistematik sharhlar ham VRni turli ta'lim bosqichlarida qo'llash bo'yicha ijobiy imkoniyatlar bilan birga, pedagogik dizayn va texnologik cheklovlarni birgalikda hisobga olish zarurligini ko'rsatgan [3; 8].

Hamilton va hammualliflarning 29 ta eksperimental tadqiqotni qamrab olgan sistematik sharhida immersiv VRdan foydalanilgan tadqiqotlarning aksariyatida ta'lim natijalari bo'yicha ijobiy farqlar aniqlangan bo'lsa-da, ayrim tadqiqotlarda sezilarli farq kuzatilmagan, ayrim hollarda esa salbiy ta'sirlar qayd etilgan [2]. Mualliflar qisqa muddatli intervensionlar, o'quv natijalarini o'lchashdagi metodik kamchiliklar hamda pedagogik maqsadning aniq belgilanmasligi masalalariga e'tibor qaratadi [4]. Turk olimlari Çoban, Bolat va Göksu tomonidan o'tkazilgan meta-tahlilda 48 ta boshlang'ich tadqiqotdan 105 ta mustaqil natija umumlashtirilib, immersiv VRning o'quv natijalariga umumiy ta'sir hajmi kichik, ammo ijobiy ekanligi aniqlangan ($g = 0,38$) [5]. Natija immersiv texnologiyalarning potensialini tasdiqlash bilan birga, ularni metodik jihatdan maqsadli qo'llash zarurligini ham anglatadi. 2025-yilgi mixed reality bo'yicha sistematik sharh va meta-tahlilda esa 124 ta tadqiqot tahlil qilinib, meta-tahlilga mos 32 ta tadqiqot asosida o'rtacha effekt hajmi $g = 0,56$ ekani qayd etilgan [2]. Shuningdek, kurs davomiyligi, texnologiyadan foydalanish chastotasi va o'qituvchi yordami ta'lim samaradorligiga ta'sir ko'rsatadigan muhim omillar sifatida aniqlangan [7]. Demak, adabiyotlar tahlili uchta muhim xulosaga olib keladi.

Birinchidan, fazoviy qobiliyatni maqsadli rivojlantirish mumkin.

Ikkinchidan, immersiv texnologiyalar fazoviy va vizual axborotni faol o'zlashtirish uchun sezilarli didaktik imkoniyat yaratadi.

Uchinchidan, texnologiyaning o'zi avtomatik ravishda yuqori natija bermaydi; pedagogik ssenariy, o'qituvchi rahbarligi, topshiriqning murakkablik darajasi va baholash mexanizmi hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Aynan shu jihat ushbu maqolada taklif qilinayotgan metodikaning nazariy asosini tashkil etadi. Mazkur tadqiqot nazariy-metodologik xarakterga ega. Tadqiqot ob'yekti sifatida oliy ta'limda muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o'qitish jarayoni, tadqiqot predmeti sifatida esa murakkab fazoviy shakllar hamda qirqimlarni immersiv metodlar orqali o'qitish mazmuni, shakllari, vositalari va usullari olindi. Tadqiqotda nazariy tahlil, qiyosiy tahlil, ilmiy adabiyotlarning tavsifiy-sistematik tahlili, pedagogik modellashtirish, kontent-tahlil, didaktik loyihalash va diagnostik mezonlarni ishlab chiqish usullaridan foydalanildi. Nazariy tahlil orqali fazoviy tasavvurning mohiyati, uning grafik faoliyatdagi funksiyalari hamda immersiv ta'limning didaktik imkoniyatlari o'rganildi. Qiyosiy tahlilda an'anaviy statik grafik o'qitish bilan immersiv interaktiv o'qitish o'rtasidagi farqlar aniqlandi. Pedagogik modellashtirish asosida o'quv maqsadi, mazmuni, texnologik vosita, talabalar faoliyati, o'qituvchi yordami va baholash komponentlarini birlashtiruvchi model ishlab chiqildi.

Metodik tizimni loyihalashda quyidagi tamoyillar asos qilib olindi:

1. faoliyatga yo'naltirilganlik-talaba virtual ob'yektni shunchaki kuzatmasdan, u bilan faol operatsiya bajarishi;
2. bosqichma-bosqich murakkablashtirish-sodda shakllardan murakkab kombinatsiyalangan jismlarga o'tish;
3. ko'pmodal vizualizatsiya-3D ob'yekt, qirqim, proyeksiya va chizma o'rtasidagi aloqani birgalikda ko'rsatish;
4. interaktivlik-ob'yektning fazodagi holatini real vaqt rejimida o'zgartirish;
5. pedagogik boshqaruv-o'qituvchi topshiriqni, kuzatish yo'nalishini va refleksiyaning boshqarishi;
6. grafik transfer-virtual fazoviy faoliyat natijasini standart 2D grafik ifodaga aylantirish;
7. mezonlilik-talabaning natijasi aniq indikatorlar asosida baholanishi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tadqiqot natijasida immersiv o'qitish muhandislik grafikasi uchun uch darajadagi faoliyatni o'zaro bog'lash imkonini berishi aniqlandi: fazoviy idrok, fazoviy operatsiya va grafik rekonstruksiya. Birinchi darajada talaba murakkab ob'yektni 3D muhitda kuzatadi, uning tashqi konturi, yuzalari, qirralari, teshiklari, kesishuvlari va boshqa elementlarini aniqlaydi. Ikkinchi darajada talaba ob'yektni aylantiradi, yaqinlashtiradi, uzoqlashtiradi, kesuvchi tekislikni o'zgartiradi, ob'yektni qismlarga ajratadi va yashirin elementlarni ochib ko'radi. Uchinchi darajada esa hosil qilingan fazoviy tasavvurdan foydalanib, ob'yektning ortogonal, aksonometrik yoki boshqa grafik ko'rinishini tiklaydi. Shu sababli immersiv metodikaning asosiy pedagogik vazifasi talabaning "tayyor modelni ko'rishi"ni emas, balki "fazoviy munosabatni mustaqil hosil qilishi"ni ta'minlashdan iborat.

1-jadval. An'anaviy va immersiv o'qitishning metodik taqqoslanishi

Didaktik komponent	An'anaviy yondashuv	Immersiv yondashuv
Ob'yektni kuzatish	Statik rasm yoki chizma	Interaktiv 3D model
Rakursni o'zgartirish	Faqat tayyor tasvirlar orqali	Talabaning o'zi boshqaradi
Yashirin qismlar	Shartli chiziqlar bilan ifodalanadi	Ob'yektni aylantirish yoki shaffoflashtirish orqali ko'riladi
Kesuvchi tekislik	2D chizmada shartli ko'rsatiladi	Real vaqt rejimida harakatlantiriladi

Qirqim shakli	Natijani aqliy tasavvur qilish talab etiladi	Qirqim dinamik ravishda hosil qilinadi
Fazoviy aylantirish	Aqliy faoliyatga katta yuk tushadi	Virtual manipulyatsiya bilan qo'llab-quvvatlanadi
Teskari grafik rekonstruksiya	Talabanning individual tasavvuriga bog'liq	3D model va 2D chizma parallel taqqoslanadi
Xatoni aniqlash	Ko'pincha topshiriq oxirida	Jarayon davomida vizual feedback mavjud

Mazkur taqqoslashdan ko'rinadiki, immersiv yondashuv an'anaviy grafik ta'limni butunlay inkor etmaydi. Aksincha, u an'anaviy grafik qoidalar va nazariy bilimlarni fazoviy faoliyat bilan bog'laydi. Bu nuqta ayniqsa muhim, chunki muhandislik grafikasi bo'yicha ta'limning yakuniy maqsadi faqat 3D muhitda ishlash emas, balki texnik standartlarga mos grafik hujjat yaratishdir. Murakkab fazoviy shakllarni o'qitish modeli. Tadqiqot natijasida murakkab fazoviy shakllarni immersiv metodlar asosida o'qitishning olti bosqichli modeli ishlab chiqildi. Birinchi bosqich-dagnostika. Ushbu bosqichda talabanning boshlang'ich fazoviy tayyorgarligi aniqlanadi. Unda sodda jismlarni aylantirish, juft tasvirlarni moslashtirish, ob'yektning yetishmayotgan ko'rinishini aniqlash, ortogonal proyeksiyadan 3D ob'yektni tasavvur qilish kabi topshiriqlardan foydalanish mumkin. Ikkinchi bosqich-orientatsion tayyorgarlik. Talaba immersiv muhitning boshqaruv elementlari bilan tanishtiriladi. Ob'yektni ushlash, aylantirish, masshtabini o'zgartirish, ko'rinish rejimlarini almashtirish, shaffoflashtirish va kesish tekisligini boshqarish operatsiyalari alohida mashq qilinadi. Uchinchi bosqich – immersiv kuzatish. Talaba murakkab geometrik ob'yektni erkin kuzatadi. O'qituvchi tayyor ob'yektning asosiy geometrik elementlarini ko'rsatadi, biroq barcha xulosalarni tayyor holda bermaydi. Masalan, talabanning oldiga "ob'yektning qaysi qismi ichkarida joylashgan?", "qaysi sirt silindrik, qaysi biri konussimon?", "ikki jism qaysi sohada kesishmoqda?" kabi savollar qo'yiladi. To'rtinchi bosqich – interaktiv fazoviy o'zgartirish. Ushbu bosqich metodikaning markaziy qismi hisoblanadi. Talaba ob'yektni turli o'qlar bo'yicha aylantiradi, uning qismlarini ajratadi, kesish tekisligining joylashuvini o'zgartiradi, ayrim qismlarni yashiradi yoki ko'rsatadi [6]. Natijada fazoviy ob'yekt statik namuna emas, balki o'quv manipulyatsiyasi ob'yektiga aylanadi. Beshinchi bosqich – grafik rekonstruksiya. Talaba immersiv muhitda hosil qilgan fazoviy tasavvur asosida ob'yektning asosiy ko'rinishlarini, aksonometrik tasvirini yoki qirqim chizmasini yaratadi. Bu bosqich ayniqsa muhim, chunki u virtual tajribani real grafik faoliyat bilan bog'laydi. Oltinchi bosqich – refleksiya va baholash. Talaba bajarilgan topshiriqni qayta

tahlil qiladi: qaysi fazoviy elementni aniqlash qiyin bo'lgan, kesuvchi tekislikni qaysi holatda joylashtirish kerak bo'lgan, 3D modeldan 2D tasvirga o'tishda qanday xato yuzaga kelgan va nima sababdan. Shu tariqa o'quv faoliyati refleksiv bosqich bilan yakunlanadi.

2-jadval. Immersiv metodikaning bosqichlari

Bosqich	Talaba faoliyati	O'qituvchi faoliyati	Asosiy vosita	Kutiladigan natija
Diagnostika	Fazoviy topshiriqlarni bajarish	Boshlang'ich darajani aniqlash	Fazoviy testlar	Boshlang'ich holat
Tayyorlash	Interfeys va boshqaruvni o'rganish	Yo'riqnoma berish	HMD, 3D dastur	Texnologik tayyorgarlik
Kuzatish	Ob'yektni turli rakurslarda ko'rish	Yo'naltiruvchi savollar berish	3D model	Fazoviy idrok
O'zgartirish	Aylantirish, kesish, ajratish	Muammoli topshiriq berish	VR/AR/MR	Fazoviy operatsiya
Grafik rekonstruksiya	Qirqim va proyeksiyalarni chizish	Nazorat va maslahat	CAD/CG	Grafik ifodalash
Refleksiya	Natijani tahlil qilish	Xatolarni umumlashtirish	Portfolio, test	Metakognitiv anglash

Murakkab qirqimlarni immersiv metodlar orqali o'qitish. Qirqimlarni o'qitish muhandislik grafikasi metodikasining eng murakkab qismlaridan biri hisoblanadi. Talaba kesuvchi tekislikning holati, uning fazodagi yo'nalishi, kesish chizig'ining hosil bo'lishi va olingan qirqimning haqiqiy shaklini bir vaqtning o'zida tasavvur qilishi lozim. An'anaviy usulda qirqim tushuntirilayotganda o'qituvchi ob'yektning dastlabki holatini chizadi, kesuvchi tekislikni shartli tasvirlaydi va natijani 2D chizmada hosil qiladi.

Biroq talaba uchun "tekislik aynan qayerdan o'tmoqda?" va "uning ob'yekt bilan geometrik munosabati qanday o'zgarmoqda?" degan savollarga javob berish qiyin bo'lishi mumkin. Immersiv muhitda esa kesuvchi tekislikni virtual model ichidan bosqichma-bosqich siljitish imkoniyati mavjud bo'ladi. Bunda talaba qirqimning hosil bo'lish jarayonini ketma-ket kuzatadi. Masalan: 3D ob'yekt → kesuvchi tekislik → kesish

chizig'i → hosil bo'lgan qirqim → qirqimning haqiqiy shakli → 2D grafik tasvir. Mazkur ketma-ketlik abstrakt tushunchani kuzatiladigan va boshqariladigan jarayonga aylantiradi. Qirqimlarni o'qitishda to'rtta metodik rejimdan foydalanish maqsadga muvofiq: "Kuzatish rejimi". Talaba faqat ob'yekt va kesish jarayonini ko'radi. "Boshqariladigan rejim". Talaba ob'yektni o'zi aylantiradi va kesuvchi tekislikni o'qituvchi belgilagan yo'nalishda harakatlantiradi. "Muammoli rejim". Talabaga tayyor ob'yekt beriladi, biroq qirqim natijasi ko'rsatilmaydi. U qirqimning qanday ko'rinishga ega bo'lishini oldindan bashorat qiladi. "Mustaqil konstruktiv rejim". Talaba berilgan shartga mos kesuvchi tekislikni mustaqil joylashtiradi, hosil bo'lgan qirqimni tahlil qiladi va natijani chizmada ifodalaydi. Eng yuqori ta'limiy qiymat aynan uchinchi va to'rtinchi rejimlarda namoyon bo'ladi, chunki bu bosqichlarda talaba tayyor vizual javobni qabul qiluvchi emas, balki fazoviy yechimni ishlab chiquvchi subyektga aylanadi. Fazoviy tasavvurni rivojlantirish mexanizmi Tadqiqot natijalari asosida immersiv metodikaning fazoviy tasavvurga ta'sirini quyidagi zanjir orqali izohlash mumkin: vizual idrok → fazoviy orientatsiya → interaktiv manipulyatsiya → aqliy model → analitik fazoviy xulosa → grafik rekonstruksiya. Mazkur zanjirda texnologiya faqat birinchi bosqichda emas, barcha bosqichlarni bir-biri bilan bog'lovchi vosita vazifasini bajaradi. Fazoviy tasavvurning rivojlanishida ayniqsa uchta operatsiya muhim hisoblanadi: 1. mental rotation-tasavvur orqali aylantirish, 2. spatial relation analysis-fazoviy munosabatlarni tahlil qilish, 3. spatial transformation-fazoviy transformatsiya. Immersiv metod ushbu uch operatsiyani real interaktiv harakat bilan qo'llab-quvvatlaydi. Biroq bu yerda metodik muhim nuqta mavjud: virtual ob'yektning avtomatik aylanishi talabaning tasavvur orqali aylantirish qobiliyatini o'rnini bosmasligi kerak. Aksincha, o'qituvchi "avval taxmin qil — keyin aylantirib tekshir" tamoyilidan foydalanishi lozim. Shunda texnologik manipulyatsiya kognitiv faoliyat bilan uyg'unlashadi. Masalan, talaba silindr va prizma birikmasidan tashkil topgan jismning yuqoridan ko'rinishini aniqlashi kerak bo'lsin. Avval undan natijani qog'ozda chizish yoki taxmin qilish so'raladi. Shundan so'ng u 3D muhitda ob'yektni aylantirib, o'z javobini tekshiradi. Bu jarayonda xato faqat "noto'g'ri javob" sifatida emas, balki fazoviy modeldagi qarama-qarshilikni aniqlash vositasi sifatida ishlatiladi. Muammoli va tadqiqotga yo'naltirilgan topshiriqlar tizimi. Murakkab fazoviy shakllarni o'qitishda topshiriqlarni murakkablik darajasiga ko'ra tashkil qilish maqsadga muvofiq.

3-jadval. Topshiriqlarni murakkablik darajasi bo'yicha tashkil etish

Daraja	Topshiriq turi	Talab qilinadigan faoliyat
I daraja	Sodda jismlarni tanish	Vizual identifikatsiya

II daraja	Jismlarni aylantirish	Fazoviy orientatsiya
III daraja	Yashirin elementni topish	Fazoviy tahlil
IV daraja	Ikki jism kesishuvini aniqlash	Fazoviy munosabat
V daraja	Qiya kesuvchi tekislik bilan qirqim	Fazoviy transformatsiya
VI daraja	Qirqimning haqiqiy shaklini aniqlash	Analitik va grafik rekonstruksiya
VII daraja	Mustaqil CAD/3D model qurish	Integrallashgan fazoviy va grafik kompetensiya

Bunday tizim talabaning o'quv faoliyatini oddiy kuzatishdan murakkab konstruktiv vazifagacha bosqichma-bosqich olib boradi. O'qituvchi rolining o'zgarishi. Immersiv ta'limda o'qituvchining roli texnik demonstrator rolidan metodik fasilitator roliga o'zgaradi. O'qituvchi virtual ob'yektning barcha xususiyatlarini izohlab beruvchi yagona axborot manbai emas, balki talabaning fazoviy fikrlashini yo'naltiruvchi pedagog sifatida faoliyat olib boradi. O'qituvchi tomonidan quyidagi savollar berilishi maqsadga muvofiq: "Ob'yektni 90° aylantirganda qaysi qirra ko'rinadi?" "Kesuvchi tekislikni yuqoriga siljitganda qirqimning shakli qanday o'zgaradi?" "Qirqimning qaysi nuqtalari bir xil tekislikda joylashgan?" "3D modeldagi qaysi element 2D proyeksiyada yashirin chiziqqa aylanadi?" "Virtual modeldagi natijani standart chizma ko'rinishida qanday ifodalaysiz?" Bunday savollar tayyor javobni bermaydi, balki talabaning fazoviy fikrlashini faollashtiradi. Baholashning mezonli modeli.

Immersiv metodikada faqat "topshiriq bajarildi yoki bajarilmadi" tamoyiliga tayanish yetarli emas. Chunki talaba ob'yektni texnik jihatdan to'g'ri aylantirishi mumkin, ammo uning fazoviy tuzilishini anglamagan bo'lishi ehtimoli mavjud.

Shuning uchun quyidagi to'rtta asosiy indikator taklif etiladi:

K_1 — fazoviy idrok darajasi. Talabaning 3D ob'yektning geometrik tuzilishini aniqlashi.

K_2 — fazoviy transformatsiya darajasi. Aylantirish, kesish, ajratish va qayta joylashtirish kabi operatsiyalarni anglash.

K_3 — grafik rekonstruksiya darajasi. 3D ob'yekt yoki qirqimni 2D grafik tasvirga to'g'ri o'tkazish.

K_4 — mustaqil tahlil va refleksiya darajasi. Talabanning o'z qarorini asoslay olishi, xatoni topishi va tuzatish strategiyasini ishlab chiqishi. Taklif etilayotgan integral ko'rsatkich quyidagicha ifodalanishi mumkin: $K_i = (K_1 + K_2 + K_3 + K_4) / 4$

Bu yerda K_i — integrallashgan fazoviy-grafik kompetensiya ko'rsatkichi. Mazkur ko'rsatkichni amaliyotda 0 dan 1 gacha bo'lgan oraliqda baholash va shartli ravishda quyidagi uch darajaga ajratish mumkin:

0,00-0,39-past daraja;

0,40-0,69-o'rta daraja;

0,70-1,00-yuqori daraja.

Ushbu chegaralar ushbu maqolada metodik loyiha uchun taklif qilinayotgan boshlang'ich mezonlar bo'lib, ularni real pedagogik tajriba natijalari asosida empirik validatsiyadan o'tkazish zarur.

Metodik modelning samaradorlik shartlari. Immersiv o'qitishning samaradorligi bir qator pedagogik shartlarga bog'liq. Birinchi shart-aniq o'quv maqsadi. Har bir immersiv mashg'ulot "VRdan foydalanish" maqsadida emas, ma'lum bilim, ko'nikma yoki kompetensiyani rivojlantirish maqsadida qurilishi lozim. Ikkinchi shart-interaktiv topshiriq. Agar talaba HMD orqali faqat 360° video tomosha qilsa yoki tayyor 3D modelni ko'rsa, immersivni ta'limiy imkoniyati to'liq ishga tushmaydi. 2025-yilgi sharhlarda ham immersivlik darajasi bilan o'zaro ta'sir darajasini farqlash zarurligi qayd etilgan [2]. Uchinchi shart o'qituvchi yordami. Mixed reality bo'yicha 2025-yilgi meta-tahlilda o'qituvchi yordami ta'lim samaradorligini modulyatsiya qiluvchi muhim omillardan biri sifatida ko'rsatilgan. To'rtinchi shart-vaqtni maqbullashtirish. Immersiv muhitda uzoq vaqt davomida ishlash texnologik va fiziologik noqulayliklarni kuchaytirishi mumkin. VR bo'yicha sharhlarda texnik murakkablik va cybersickness kabi omillar ham qayd etilgan [2]. Beshinchi shart-virtual va real grafik faoliyatni bog'lash. Har bir immersiv mashg'ulot oxirida talaba qog'ozda yoki CAD dasturida grafik topshiriq bajarishi, natijani chizma standartlari asosida ifodalashi kerak. Olingan nazariy-metodik natijalar shuni ko'rsatadiki, immersiv texnologiyalar muhandislik grafikasi ta'limida uchta asosiy didaktik muammoni kamaytirishi mumkin: birinchisi, 2D tasvirdan 3D ob'yektni tasavvur qilishdagi qiyinchilik; ikkinchisi, ob'yektning yashirin va ichki qismlarini aniqlash muammosi; uchinchisi, kesish jarayonining dinamik tabiatini statik chizma orqali anglash qiyinligi.

Shu bilan birga, immersiv muhitdan foydalanish an'anaviy grafik faoliyatning o'rnini bosa olmaydi. Aksincha, 3D muhit talabanning fazoviy tasavvurini shakllantirish uchun tayanch bo'lsa, 2D chizma uning grafik kodlash va kasbiy muloqot vositasi sifatidagi kompetensiyasini mustahkamlaydi. Shuning uchun "3D → immersiv

manipulyatsiya → 2D grafik rekonstruksiya” modeli ushbu fanlar uchun maqbul didaktik integratsiya sifatida qaralishi mumkin.

Bundan tashqari, immersiv metodika barcha mavzularga bir xil darajada tatbiq qilinmasligi kerak. Oddiy grafik qoidalar, shartli belgilar yoki standartlashtirish qoidalari uchun an’anaviy tushuntirish, interaktiv doska va CAD vositalari yetarli bo’lishi mumkin. Immersiv metodlardan, avvalo, fazoviy tasavvur yuqori darajada talab qilinadigan murakkab jismlar, kesishuvlar, qiya qirgimlar, ichki tuzilishlar va ko’p bosqichli geometrik transformatsiyalarni o’rganishda foydalanish maqsadga muvofiq. Shunday qilib, immersiv texnologiyani metodik qiymati texnik jihatdan “qanchalik real” ekanligi bilan emas, balki talabani qaysi kognitiv amalini faol bajartirishi bilan belgilanadi. Mazkur nuqtai nazar zamonaviy VR tadqiqotlaridagi asosiy metodik xulosalar [3; 4; 6] bilan hamohang bo’lib, texnologik immersiyani aniq pedagogik maqsad va o’lchanadigan natijalar bilan birlashtirish zarurligini ko’rsatadi.

XULOSA

Muhandislik kompyuter grafikasi fanlarida murakkab fazoviy shakllar hamda qirgimlarni o’qitish jarayonining samaradorligi ko’p jihatdan talabani fazoviy tasavvuri, tasavvur orqali aylantirish, geometrik munosabatlarni aniqlash va uch o’lchamli ob’yektni ikki o’lchamli grafik tasvirga transformatsiya qilish qobiliyatiga bog’liq. Shu nuqtai nazardan immersiv metodlar ushbu fanlar uchun zamonaviy texnologik vosita bo’lishdan tashqari, fazoviy fikrlashni amaliy faoliyat orqali rivojlantirishga xizmat qiluvchi metodik mexanizm sifatida qaralishi mumkin. Tadqiqot natijasida immersiv o’qitishning diagnostika, tayyorgarlik, immersiv kuzatish, interaktiv fazoviy o’zgartirish, grafik rekonstruksiya hamda refleksiya va baholash bosqichlaridan iborat metodik modeli ishlab chiqildi. Mazkur modelning asosiy xususiyati shundaki, talaba virtual ob’yektni passiv kuzatmaydi, balki uni faol boshqaradi, aylantiradi, kesadi, qismlarga ajratadi, yashirin elementlarni aniqlaydi va olingan natijani grafik tasvirga aylantiradi. Metodikaning muhim didaktik natijasi 3D fazoviy tajriba bilan 2D grafik ifoda o’rtasidagi uzviy bog’lanishning ta’minlanishidir. Bunda immersiv muhit fazoviy modelni hosil qilish va tekshirish vositasi, chizma esa ushbu modelni standartlashtirilgan grafik shaklda ifodalash vositasi sifatida namoyon bo’ladi. Tadqiqot shuni ko’rsatadiki, immersiv texnologiyalarning ta’limiy samarasi ularning mavjudligi bilan emas, balki o’quv maqsadlari, topshiriqlar murakkabligi, o’qituvchi rahbarligi, o’zaro interaktivlik, refleksiya va mezonli baholash bilan ta’minlanadi. Shu sababli VR, AR va MR vositalarini muhandislik grafikasi fanlariga integratsiya qilishda “texnologiyani qo’llash” emas, balki “texnologiya yordamida fazoviy faoliyatni tashkil etish” tamoyiliga tayanish lozim. Kelgusidagi tadqiqotlarda taklif etilgan metodikaning oliy ta’lim talabalari ishtirokidagi

pedagogik tajriba-sinov orqali tekshirilishi, nazorat va tajriba guruhlarining fazoviy qobiliyat ko'rsatkichlari qiyoslanishi, diagnostik testlar asosida statistik ishonchlilik va samaradorlik koeffitsiyentlari aniqlanishi maqsadga muvofiqdir. Bu esa ishlab chiqilgan modelning empirik validatsiyasini ta'minlaydi va muhandislik grafikasi ta'limida immersiv metodlarning ilmiy-metodik asoslarini yanada boyitadi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Sorby, S. A. Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students // International Journal of Science Education. — 2009. — Vol. 31, No. 3. — P. 459–480. — DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690802595839>.
- [2] Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., Ortega, M. Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students // Computers & Graphics. — 2010. — Vol. 34, No. 1. — P. 77–91. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>.
- [3] Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., Wohlgenannt, I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda // Computers & Education. — 2020. — Vol. 147. — Article 103778. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
- [4] Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., Wilson, C. Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design // Journal of Computers in Education. — 2021. — Vol. 8. — P. 1–32. — DOI: <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>.
- [5] Çoban, M., Bolat, Y. İ., Göksu, İ. The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis // Educational Research Review. — 2022. — Vol. 36. — Article 100452. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>.
- [6] Stracke, C. M., Bothe, P., Adler, S., et al. Immersive virtual reality in higher education: A systematic review of the scientific literature // Virtual Reality. — 2025. — Vol. 29. — Article 64. — DOI: <https://doi.org/10.1007/s10055-025-01136-x>.
- [7] Huang, T.-C., Chen, C.-H., Tseng, C.-Y. Exploring learning effectiveness of integrating mixed reality in educational settings: A systematic review and meta-analysis // Computers & Education. — 2025. — Article 105327. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105327>.
- [8] Pellas, N., Mystakidis, S., Kazanidis, I. Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A systematic review of the last decade scientific literature // Virtual Reality. — 2021. — Vol. 25. — P. 835–861. — DOI: <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00489-9>.