YORDAMCHI PROYEKSIYALASH USULLARI VA ULARNING DIZAYN TA'LIMIDA QO'LLANILISHI

Xoliqnazarova Jamila Mustafoyevna

Annotatsiya. Maqolada chizma geometriyaning yordamchi proyeksiyalash usullari — proyeksiya tekisliklarini almashtirish, proyeksiyalovchi o'q atrofida aylantirish, tekis-parallel ko'chirish, daraja chizig'i atrofida aylantirish va jipslashtirish usullari tizimli tahlil qilinadi. Usullarning geometrik mohiyati, qo'llanish shartlari, afzalliklari va cheklovlari qiyoslanadi, to'rt asosiy masala uchun zarur almashtirishlar soni asoslanadi. Kesmaning haqiqiy uzunligini aniqlash misolida grafik yechimlar analitik hisob bilan tekshiriladi. Yordamchi proyeksiyalash usullarining dizayn amaliyotidagi qo'llanishi — qadoq yoyilmasi, qiya yuzalar va panellar orasidagi burchakni aniqlash — ko'rsatiladi hamda dizayn ta'limida o'qitish ketma-ketligi bo'yicha takliflar beriladi.

Kalit so'zlar: chizma geometriya, yordamchi proyeksiyalash, proyeksiya tekisliklarini almashtirish, aylantirish usuli, tekis-parallel ko'chirish, jipslashtirish, haqiqiy kattalik, yoyilma, dizayn ta'limi.

Аннотация. В статье системно анализируются вспомогательные методы проецирования начертательной геометрии — замена плоскостей проекций, вращение вокруг проецирующей оси, плоскопараллельное перемещение, вращение вокруг линии уровня и совмещение. Сопоставлены геометрическая сущность методов, условия применения, преимущества и ограничения; обосновано число необходимых преобразований для четырёх основных задач. На примере определения натуральной величины отрезка графические построения проверены аналитическим расчётом. Показано применение вспомогательных методов проецирования в практике дизайна — построение развёрток упаковки, наклонных поверхностей и угла между панелями — и даны предложения по последовательности их изучения в дизайн-образовании.

Ключевые слова: начертательная геометрия, вспомогательное проецирование, замена плоскостей проекций, способ вращения, плоскопараллельное перемещение, совмещение, натуральная величина, развёртка, дизайн-образование.

Abstract. The article systematically analyses the auxiliary projection methods of descriptive geometry: change of projection planes, rotation about a projecting axis, plane-parallel displacement, rotation about a level line, and rabatment. The geometric essence, conditions of use, advantages and limitations of the methods are compared, and the number of transformations needed for the four basic problems is justified. Using the true length of a line segment as an example, the graphical constructions are checked against an analytical calculation. The use of auxiliary projection in design practice — packaging developments, inclined surfaces and the angle between panels — is shown, and a teaching sequence for design education is proposed.

Keywords: descriptive geometry, auxiliary projection, change of projection planes, rotation method, plane-parallel displacement, rabatment, true size, development, design education.

Kirish. Chizma geometriya fazoviy shakllarni tekislikda tasvirlash va ular bo‘yicha fazoviy masalalarni grafik yechish usullarini o‘rganadi. Uning asosini G. Monj tomonidan tizimga solingan ortogonal proyeksiyalash usuli tashkil etadi [1]: buyum o‘zaro perpendikulyar proyeksiya tekisliklariga proyeksiyalanadi, so‘ng tekisliklar bitta tekislikka jipslashtirilib, kompleks chizma (epyur) hosil qilinadi.

Agar buyumning chiziqlari va yuzalari proyeksiya tekisliklariga nisbatan xususiy vaziyatda — parallel yoki perpendikulyar — joylashgan bo‘lsa, uning haqiqiy o‘lchamlari, burchaklari va masofalari chizmada bevosita ko‘rinadi. Umumiy vaziyatda esa proyeksiyalar buziladi: kesma qisqaradi, burchak o‘zgaradi, tekis shakl haqiqiy ko‘rinishini yo‘qotadi [2; 3]. Bunday hollarda buyum va proyeksiya tekisliklarining o‘zaro vaziyatini o‘zgartiruvchi yordamchi proyeksiyalash usullari qo‘llanadi.

Dizayn amaliyotida bu masala doimo uchraydi: qiya yuzali qadoq yoyilmasini chizish, qiya shift yoki tom yuzasining haqiqiy shaklini aniqlash, mebel panellari orasidagi burchakni topish — barchasi buyum elementlarining haqiqiy kattaligini bilishni talab etadi [4]. Zamonaviy CAD dasturlari yordamchi ko‘rinishlarni avtomatik quradi, biroq dizayner bu tasvirlarning geometrik mohiyatini tushunmasa, ularni to‘g‘ri tanlash va o‘qish qiyinlashadi.

Maqolaning maqsadi — yordamchi proyeksiyalash usullarini yagona tizimda tahlil qilish, ularni qo‘llash shartlarini qiyoslash va dizayn ta’limida o‘qitish bo‘yicha uslubiy takliflar ishlab chiqish. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

– asosiy yordamchi proyeksiyalash usullarining geometrik mohiyatini ochib berish;

– usullarni harakatlanuvchi obyekt, asosiy qoida, afzallik va cheklovlar bo‘yicha qiyoslash;

– to‘rt asosiy masala uchun zarur almashtirishlar sonini asoslash va grafik natijani analitik hisob bilan tekshirish;

– usullarning dizayn masalalaridagi qo‘llanishini ko‘rsatish va o‘qitish ketma-ketligini taklif etish.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI

Ortogonal proyeksiyalash nazariyasi G. Monjning 1799-yilda nashr etilgan «Chizma geometriya» asarida tizimga solingan [1]. Yordamchi proyeksiyalash usullari keyingi davr darsliklarida mukammal ishlab chiqilgan. V.O. Gordon va M.A. Sementsov-Ogiyevskiy kursida proyeksiya tekisliklarini almashtirish va aylantirish usullari hamda ularning asosiy masalalarga tatbiqi batafsil bayon etilgan [2]. S.A. Frolov chizmani qayta tuzish usullarini yagona yondashuv asosida ko‘rib chiqqan [3], N.F. Chetveruxin va hammualliflar [5], A.V. Bubennikov va M.Ya. Gromov [6] darsliklarida esa bu usullar muhandislik masalalari bilan bog‘lab bayon etilgan.

O‘zbek tilida Sh.K. Murodov va hammualliflarning «Chizma geometriya kursi» darsligi mavjud bo‘lib, unda yordamchi proyeksiyalash usullari o‘zbek atamalari bilan yoritilgan [7]. Amaliy jihatdan, qo‘shimcha ko‘rinishlarni chizmada rasmiylashtirish qoidalari ГОСТ 2.305-

2008 standartida belgilangan [8]. Dizayn sohasida F. Ching ortogonal va qo‘shimcha ko‘rinishlarni dizayn chizmachiligining asosiy vositalari sifatida ko‘rib chiqadi [4].

Tahlil ko‘rsatadiki, yordamchi proyeksiyalash usullari muhandislik ta’limi uchun yetarlicha ishlab chiqilgan, biroq darsliklarda ular ko‘pincha alohida-alohida bayon etiladi, usulni tanlash mezonlari va dizayn masalalariga tatbiqi esa kam yoritiladi. Mazkur maqola shu jihatlarni to‘ldirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda chizma geometriyaning konstruktiv usullari, qiyosiy tahlil, analitik geometriya vositasida tekshirish hamda uslubiy modellashtirish usullaridan foydalanildi. Grafik yechimlar aniqligini tekshirish uchun misolda nuqtalar koordinatalari berilib, haqiqiy uzunlik va burchak analitik formulalar orqali hisoblandi; chizmalar shu koordinatalar bo‘yicha kompyuterda qurildi. Taklif etilgan o‘qitish ketma-ketligi uslubiy model bo‘lib, pedagogik tajribada hali sinovdan o‘tkazilmagan.

TAHLIL VA NATIJALAR

1. Yordamchi proyeksiyalashning umumiy tamoyili

Barcha yordamchi usullar bitta g‘oyaga asoslanadi: buyum elementini proyeksiya tekisliklaridan biriga nisbatan xususiy vaziyatga keltirish. Bunga ikki yo‘l bilan erishiladi: yo buyum qo‘zg‘almas qoldirilib, proyeksiya tekisliklari tizimi yangisiga almashtiriladi, yoki proyeksiya tekisliklari qo‘zg‘almas qoldirilib, buyumning o‘zi fazoda harakatlantiriladi [2; 3]. Birinchi yo‘l proyeksiya tekisliklarini almashtirish usuliga, ikkinchisi aylantirish, tekis-parallel ko‘chirish va jipslashtirish usullariga olib keladi. Usullarning qiyosiy tavsifi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Yordamchi proyeksiyalash usullarining qiyosiy tavsifi

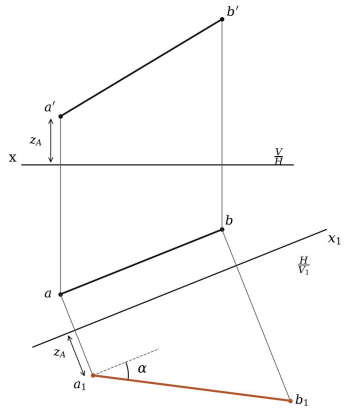
Usul	Nima harakatlanadi	Asosiy qoida	Afzalligi	Cheklovi
Proyeksiya tekisliklarini almashtirish	Proyeksiya tekisliklari tizimi	Yangi tekislik saqlanayotgan tekislikka perpendikulyar; saqlanayotgan tekislikdan masofa o‘zgarmaydi	Buyum shakli o‘zgarmaydi, ketma-ket qo‘llash oson	Chizma maydoni kengayadi, yangi o‘qlar ko‘payadi
Proyeksiyalovchi o‘q atrofida aylantirish	Buyum	Nuqtaning bir proyeksiyasi aylana, ikkinchisi o‘qqa perpendikulyar to‘g‘ri chiziq bo‘ylab ko‘chadi	Yangi o‘q kiritilmaydi	Proyeksiyalar ustma-ust tushib, chizma o‘qilishi qiyinlashadi

Usul	Nima harakatlanadi	Asosiy qoida	Afzalligi	Cheklovi
Tekis-parallel ko‘chirish	Buyum	Bir proyeksiyaning shakli va o‘lchami saqlanadi, ikkinchisining nuqtalari x o‘qiga parallel ko‘chadi	Yangi tasvir eski tasvir ustiga tushmaydi	Proyeksiyani ko‘chirishda aniqlik talab etiladi
Daraja chizig‘i atrofida aylantirish	Tekis shakl	Shakl gorizontal yoki frontal atrofida proyeksiya tekisligiga parallel holga keltiriladi	Haqiqiy kattalik bir aylantirishda topiladi	Faqat tekis shakllar uchun; aylanish radiusini topish kerak
Jipslashtirish	Tekislik	Tekislik izi atrofida aylantirilib, proyeksiya tekisligi bilan ustma-ust keltiriladi	Tekislikdagi shakllarni haqiqiy kattalikda qurish qulay	Tekislik izlari bilan berilishi lozim

2. Proyeksiya tekisliklarini almashtirish usuli

Bu usulda V/H tizimidagi tekisliklardan biri yangi tekislik bilan almashtiriladi; yangi tekislik saqlanib qolgan tekislikka perpendikulyar bo‘lishi shart. Masalan, V tekislik H ga perpendikulyar bo‘lgan V_1 tekislik bilan almashtirilsa, yangi H/V_1 tizimi hosil bo‘ladi. Asosiy qoida shundan iborat: saqlanib qolgan tekislikdan nuqtagacha bo‘lgan masofa o‘zgarmaydi. Shu sababli nuqtaning yangi proyeksiyasi yangi o‘qdan, almashtirilayotgan proyeksiya eski o‘qdan qanday masofada bo‘lsa, shunday masofada quriladi [2; 7].

Misol. A(10; 40; 15) va B(60; 20; 45) nuqtalar bilan berilgan umumiy vaziyatdagi AB kesmaning haqiqiy uzunligi va uning H tekislik bilan hosil qilgan α burchagi aniqlansin (koordinatalar millimetrda). V tekislik AB kesmaga parallel bo‘lgan V_1 tekislik bilan almashtiriladi: buning uchun yangi x_1 o‘qi kesmaning gorizontal proyeksiyasi ab ga parallel o‘tkaziladi. a va b nuqtalardan x_1 o‘qiga perpendikulyar bog‘lanish chiziqlari o‘tkazilib, ularda x_1 o‘qidan z_A = 15 mm va z_B = 45 mm masofalar qo‘yiladi. Hosil bo‘lgan a_1b_1 proyeksiya kesmaning haqiqiy uzunligini, a_1b_1 bilan x_1 o‘qi orasidagi burchak esa α burchakni ifodalaydi (1-rasm).



1-rasm. Proyeksiya tekisliklarini almashtirish usulida AB kesmaning haqiqiy uzunligini va α burchakni aniqlash (muallif ishlanmasi)

Natijani analitik usulda tekshiramiz. Kesma uchlari koordinatalarining orttirmalari $\Delta x = 50$ mm, $\Delta y = 20$ mm, $\Delta z = 30$ mm. Haqiqiy uzunlik $L = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)} = \sqrt{3800} \approx 61{,}64$ mm. Gorizontal proyeksiya uzunligi $l_H = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)} = \sqrt{2900} \approx 53{,}85$ mm, demak, $\operatorname{tg}\alpha = \Delta z / l_H \approx 0{,}557$ va $\alpha \approx 29{,}1°$. Koordinatalar bo‘yicha qurilgan chizmada a_1b_1 uzunligi va α burchak aynan shu qiymatlarga teng chiqdi.

Agar kesmani nuqtaga proyeksiyalash talab etilsa, ikkinchi almashtirish bajariladi: H tekislik V_1 ga hamda kesmaga perpendikulyar bo‘lgan H_2 tekislik bilan almashtiriladi, yangi x_2 o‘qi esa a_1b_1 ga perpendikulyar o‘tkaziladi. Shunday qilib, umumiy vaziyatdagi kesma ikki almashtirishda proyeksiyalovchi vaziyatga keltiriladi. Tekis shakllar uchun ham xuddi shunday: umumiy vaziyatdagi tekislik bir almashtirishda proyeksiyalovchi tekislikka, ikkinchi almashtirishda daraja tekisligiga aylantiriladi va shakl haqiqiy kattalikda ko‘rinadi. To‘rt asosiy masala va ular uchun zarur almashtirishlar 2-jadvalda umumlashtirilgan.

2-jadval. Proyeksiya tekisliklarini almashtirish usulining to‘rt asosiy masalasi

Masala	Boshlang‘ich vaziyat	Natija	Almashtirishlar soni*	Yangi o‘qning vaziyati
1. Kesmaning haqiqiy uzunligi va proyeksiya tekisligi bilan burchagi	Umumiy vaziyatdagi to‘g‘ri chiziq	Daraja chizig‘i	1	Kesma proyeksiyalaridan biriga parallel
2. To‘g‘ri chiziqni nuqtaga proyeksiyalash	Daraja chizig‘i	Proyeksiyalovchi to‘g‘ri chiziq	1 (umumiy vaziyatdan 2)	Haqiqiy uzunlikdagi proyeksiyaga perpendikulyar
3. Tekislikni proyeksiyalovchi vaziyatga keltirish	Umumiy vaziyatdagi tekislik	Proyeksiyalovchi tekislik	1	Tekislik gorizontali yoki frontalining tegishli proyeksiyasiga perpendikulyar

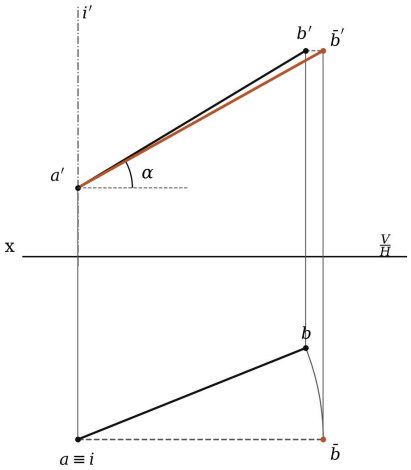
Masala	Boshlang‘ich vaziyat	Natija	Almashtirishlar soni*	Yangi o‘qning vaziyati
4. Tekis shaklning haqiqiy kattaligi	Proyeksiyalovchi tekislik	Daraja tekisligi	1 (umumiy vaziyatdan 2)	Tekislikning to‘g‘ri chiziqqa aylangan proyeksiyasiga parallel

* Boshlang‘ich vaziyatdan natijagacha.

3. Aylantirish va tekis-parallel ko‘chirish usullari

Aylantirish usulida proyeksiya tekisliklari qo‘zg‘almas qoladi, buyum esa biror o‘q atrofida aylantiriladi. O‘q sifatida ko‘pincha proyeksiyalovchi to‘g‘ri chiziq olinadi. Nuqta o‘qqa perpendikulyar tekislikda aylana bo‘ylab harakatlanadi: agar o‘q H tekislikka perpendikulyar bo‘lsa, nuqtaning gorizontal proyeksiyasi aylana bo‘ylab, frontal proyeksiyasi esa x o‘qiga parallel to‘g‘ri chiziq bo‘ylab ko‘chadi [2; 3].

Yuqoridagi misolni shu usulda yechamiz. Aylantirish o‘qi i A nuqtadan H tekislikka perpendikulyar qilib o‘tkaziladi. B nuqtaning gorizontal proyeksiyasi b markazi a nuqtada bo‘lgan aylana bo‘ylab, kesma proyeksiyasi x o‘qiga parallel bo‘lguncha aylantiriladi; bunda kesma V tekislikka parallel bo‘ladi. Frontal proyeksiya b′ gorizontal chiziq bo‘ylab $\bar{b}'$ holatga ko‘chadi. Hosil bo‘lgan $a'\bar{b}'$ kesmaning haqiqiy uzunligini, uning x o‘qi bilan hosil qilgan burchagi esa α burchakni ifodalaydi (2-rasm). Natija birinchi usul bilan bir xil: $L \approx 61{,}64$ mm, $\alpha \approx 29{,}1°$.



2-rasm. H tekislikka perpendikulyar i o‘q atrofida aylantirish usulida AB kesmaning haqiqiy uzunligini va α burchakni aniqlash (muallif ishlanmasi)

Tekis-parallel ko‘chirish usuli aylantirishning umumlashgan ko‘rinishidir: buyum aylantirish o‘qi ko‘rsatilmagan holda H tekislikka parallel ravishda ko‘chiriladi. Bunda gorizontal proyeksiyaning shakli va o‘lchami saqlanadi, faqat uning chizmadagi vaziyati o‘zgaradi, frontal proyeksiya nuqtalari esa x o‘qiga parallel chiziqlar bo‘ylab ko‘chadi [3]. Usulning afzalligi shundaki, yangi tasvir eski tasvir ustiga tushmaydi va chizma o‘qilishi osonlashadi.

4. Daraja chizig‘i atrofida aylantirish va jipslashtirish

Tekis shaklning haqiqiy kattaligini bitta aylantirishda topish uchun shakl o‘z tekisligidagi daraja chizig‘i — gorizontal yoki frontal atrofida aylantiriladi. Shakl tekisligi proyeksiya tekisligiga parallel holga kelganda uning tegishli proyeksiyasi haqiqiy kattalikda ko‘rinadi. Bunda har bir nuqta aylantirish o‘qiga perpendikulyar tekislikda harakatlanadi, aylanish radiusining haqiqiy uzunligi esa to‘g‘ri burchakli uchburchak usulida aniqlanadi [2].

Jipslashtirish usuli bu usulning xususiy holidir: tekislik o‘zining izi atrofida aylantirilib, proyeksiya tekisligi bilan ustma-ust keltiriladi. Tekislikning gorizontal izi nol balandlikdagi gorizontal bo‘lgani uchun, unga nisbatan aylantirish daraja chizig‘i atrofida aylantirishning bir ko‘rinishi hisoblanadi [2; 5]. Jipslashtirish tekislikda joylashgan shakllarni haqiqiy kattalikda qurish va, aksincha, haqiqiy kattalikda berilgan shaklni tekislikka joylashtirish uchun qulay.

5. Dizayn amaliyotidagi qo‘llanilishi

Yordamchi proyeksiyalash usullari dizayn loyihalashning bir qator tipik masalalarini yechishga imkon beradi:

– qadoq va qobiq yoyilmasi — kesik piramida yoki prizma shaklidagi qadoq, chiroq qalpog‘i kabi buyumlarning yoyilmasini chizish uchun har bir qiya yog‘ning haqiqiy shakli kerak bo‘ladi; u tekislikni daraja tekisligiga keltirish (4-masala) yoki daraja chizig‘i atrofida aylantirish orqali topiladi;

– qiya yuzalar — interyer va me’moriy muhit dizaynida qiya shift, tom yoki pandus yuzasining haqiqiy shakli va maydonini aniqlash xuddi shu masalaga keltiriladi;

– panellar orasidagi burchak — mebel yoki ko‘rgazma stendi panellari orasidagi ikki yoqli burchakning haqiqiy qiymati ularning umumiy qirrasi nuqtaga proyeksiyalanganda ko‘rinadi (2-masala); bu birikma detallarini loyihalash uchun zarur;

– qiya yog‘dagi grafika — qiya yuzaga joylashtiriladigan yozuv yoki naqshni buzilishsiz chizish uchun avval yuza haqiqiy kattalikda quriladi, tasvir unda chiziladi va so‘ng asosiy proyeksiyalarga qaytariladi.

ГОСТ 2.305-2008 bo‘yicha buyumning biror qismi asosiy ko‘rinishlarda shakli va o‘lchami buzilib tasvirlansa, qo‘shimcha ko‘rinish qo‘llanadi [8]; geometrik jihatdan bu proyeksiya tekisliklarini almashtirish usulining bevosita tatbiqidir. Zamonaviy CAD tizimlaridagi yordamchi ko‘rinish (auxiliary view) funksiyasi ham xuddi shu tamoyilga asoslanadi: foydalanuvchi qirra yoki yog‘ni tanlaganda dastur unga mos yangi proyeksiya tekisligini quradi.

6. Dizayn ta’limida o‘qitish ketma-ketligi

Tahlil natijalariga ko‘ra, dizayn ta’limida yordamchi proyeksiyalash usullarini quyidagi ketma-ketlikda o‘qitish maqsadga muvofiq:

1) proyeksiya tekisliklarini almashtirish usuli — buyum qo‘zg‘almas qolgani va «buyumga boshqa tomondan qarash» g‘oyasi dizaynerning ko‘rinishlar bilan ishlash tajribasiga yaqin bo‘lgani uchun birinchi o‘rganiladi;

2) to‘rt asosiy masala — har biri dizayn masalasi bilan bog‘lanadi (masalan, 4-masala qadoq yoyilmasi bilan);

3) aylantirish va tekis-parallel ko‘chirish usullari — bitta masalani ikki usulda yechish va natijalarni solishtirish orqali o‘rganiladi;

4) daraja chizig‘i atrofida aylantirish va jipslashtirish — tekis shakllar va yoyilmalar bilan ishlashda qo‘llanadi;

5) CAD dasturida tekshirish — qo‘lda qurilgan yechim dasturdagi yordamchi ko‘rinish bilan solishtiriladi.

Har bir mavzuda grafik yechimni analitik hisob yoki CAD natijasi bilan tekshirish talabaga o‘z xatosini mustaqil topish imkonini beradi. Fizik maketlardan — karton yoki shaffof tekisliklardan — foydalanish esa proyeksiya tekisliklarini almashtirishning fazoviy ma’nosini ko‘rgazmali tushuntiradi.

MUHOKAMA

Qiyosiy tahlil ko‘rsatadiki, usullar o‘rtasidagi farq natijada emas, balki yo‘lda: barcha usullar bir xil haqiqiy kattalikni beradi. Bu misolda ikki usul natijalarining analitik qiymat bilan mos kelishida ham ko‘rindi. Usulni tanlashni esa chizmaning qulayligi belgilaydi. Proyeksiya tekisliklarini almashtirish usuli buyum shaklini o‘zgartirmagani uchun murakkab buyumlar va ketma-ket almashtirishlar talab etiladigan masalalarda qulay. Aylantirish usuli yangi o‘qlar kiritmaydi va chizma maydonini tejaydi, ammo proyeksiyalar ustma-ust tushganda chizma o‘qilishi qiyinlashadi. Daraja chizig‘i atrofida aylantirish tekis shakl uchun eng qisqa yo‘l — bitta aylantirish bo‘lsa-da, aylanish radiusini aniqlash qo‘shimcha qurilish talab etadi.

Tadqiqotning cheklovlari ham bor. Maqola nazariy-uslubiy xarakterga ega bo‘lib, taklif etilgan o‘qitish ketma-ketligining samaradorligi pedagogik tajriba orqali tekshirilishi kerak. Shuningdek, egri sirtlar yoyilmasi va sirtlarning kesishuv chiziqlarini qurishda yordamchi usullarni qo‘llash alohida o‘rganishni talab etadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Barcha yordamchi proyeksiyalash usullari buyum elementini proyeksiya tekisliklaridan biriga nisbatan xususiy vaziyatga keltirish g‘oyasiga asoslanadi; bunga proyeksiya tekisliklari tizimini almashtirish yoki buyumni harakatlantirish orqali erishiladi.

2. Umumiy vaziyatdagi kesmaning haqiqiy uzunligini topish uchun bitta, uni nuqtaga proyeksiyalash uchun ikkita almashtirish zarur; umumiy vaziyatdagi tekislik bitta almashtirishda proyeksiyalovchi tekislikka, ikkitasida daraja tekisligiga keltirilib, undagi shakl haqiqiy kattalikda ko‘rinadi.

3. Misolda proyeksiya tekisliklarini almashtirish va aylantirish usullari bir xil natija berdi ($L \approx 61{,}64$ mm, $\alpha \approx 29{,}1°$) va bu analitik hisob bilan tasdiqlandi; usulni natija emas, chizma qulayligi belgilaydi.

4. Yordamchi proyeksiyalash usullari qadoq yoyilmasi, qiya yuzalarning haqiqiy shakli, panellar orasidagi burchak va qiya yog‘dagi grafikani qurish kabi dizayn masalalarining geometrik asosini tashkil etadi.

Amaliy takliflar sifatida quyidagilarni ko‘rsatish mumkin: dizayn ta’limida usullarni proyeksiya tekisliklarini almashtirishdan boshlab o‘qitish; har bir asosiy masalani aniq dizayn

masalasi bilan bog‘lash; grafik yechimlarni analitik hisob va CAD natijalari bilan tekshirishni o‘quv jarayoniga kiritish. Keyingi tadqiqotlarda taklif etilgan ketma-ketlikni pedagogik tajribada sinash rejalashtiriladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Monge G. Géométrie descriptive. — Paris: Baudouin, an VII [1799].
2. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии. — 23-е изд. — М.: Наука, 1988.
3. Фролов С.А. Начертательная геометрия. — М.: Машиностроение, 1978.
4. Ching F.D.K. Design Drawing. 3rd ed. — Hoboken: John Wiley & Sons, 2019.
5. Четверухин Н.Ф., Левицкий В.С., Прянишникова З.И., Тевлин А.М., Федотов Г.И. Начертательная геометрия. — М.: Высшая школа, 1963.
6. Бубенников А.В., Громов М.Я. Начертательная геометрия. — М.: Высшая школа, 1973.
7. Murodov Sh.K. va boshq. Chizma geometriya kursi. — Toshkent: O‘qituvchi, 1988.
8. ГОСТ 2.305-2008. Единая система конструкторской документации. Изображения — виды, разрезы, сечения. — М.: Стандартинформ, 2009.