POLZUNLI MEXANIZMNING TEZLIKLAR REJASINI GRAFOANALITIK USULDA KINEMATIK TAHLIL QILISH

Sharipov Shuhrat Po‘latovich

Qarshi Davlat texnika universiteti dotsenti.

Saidova Gulasal Botirxon qizi

Kasbi sanoat va xizmat ko‘rsatish texnikumi o‘qituvchisi

Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20319984

Annotatsiya: Mazkur maqolada polzunli mexanizmning kinematik tahlili grafoanalitik usul asosida o‘rganilgan. Mexanizmning asosiy bo‘g‘inlari uchun tezliklar rejasi qurilib, nuqtalarning chiziqli tezliklari hamda bo‘g‘inlarning nisbiy harakat parametrlari aniqlangan. Tadqiqot davomida krivoship-polzunli mexanizmning geometrik va kinematik bog‘lanishlari tahlil qilinib, tezliklar rejasini qurish bosqichlari ketma-ket yoritilgan. Grafoanalitik usul yordamida mexanizmning turli holatlaridagi tezlik parametrlarini aniqlash imkoniyati ko‘rsatib berilgan. Tadqiqot natijalari mexanizmlar nazariyasi, muhandislik grafikasi hamda texnik fanlarni o‘qitishda samarali foydalanish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: polzunli mexanizm, krivoship-polzunli mexanizm, kinematik tahlil, tezliklar rejasi, grafoanalitik usul, mexanizm kinematikasi, tezlik vektori, nisbiy tezlik, muhandislik grafikasi, mexanizmlar nazariyasi.

Аннотация: В данной статье рассматривается кинематический анализ ползунного механизма методом графоаналитического построения плана скоростей. Раскрыта методика определения скоростей звеньев механизма, направления движения ползуна, а также взаимосвязи между угловыми и линейными скоростями. Особое внимание уделено практическому применению графоаналитического метода при изучении механизмов в инженерной подготовке студентов. Представленный подход способствует развитию пространственного мышления, расчетно-графических навыков и более глубокому пониманию кинематических процессов в механизмах.

Ключевые слова: ползунный механизм, кинематический анализ, план скоростей, графоаналитический метод, звено, ползун, угловая скорость, линейная скорость, инженерная графика, механизм.

Abstract: This article discusses the kinematic analysis of a slider-crank mechanism using the graphical-analytical method for constructing a velocity plan. The paper describes the procedure for determining the velocities of mechanism links, the direction of slider motion, and the relationship between angular and linear velocities. Special attention is paid to the practical application of the graphical-analytical method in engineering education. The proposed approach helps develop students’ spatial thinking, calculation-graphic skills, and a deeper understanding of kinematic processes in mechanisms.

Keywords: slider-crank mechanism, kinematic analysis, velocity plan, graphical-analytical method, link, slider, angular velocity, linear velocity, engineering graphics, mechanism.

KIRISH. Mashinasozlik, avtomatlashtirish, transport texnikasi hamda texnologik qurilmalarni loyihalash jarayonida turli mexanizmlarning kinematik va dinamik xususiyatlarini aniqlash muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, aylanma harakatni ilgarilanma-qaytma harakatga o‘zgartirib beruvchi polzunli mexanizmlar ichki yonuv dvigatellari, kompressorlar, nasoslar, press uskunalari va boshqa ko‘plab mexanik tizimlarda keng qo‘llaniladi. Shu sababli mazkur mexanizmlarning harakat parametrlarini aniqlash va tahlil qilish mexanizmlar nazariyasining asosiy masalalaridan biri hisoblanadi [1 – b.18].

Mexanizmlarning kinematik tahlili ularning bo‘g‘inlari harakati, tezligi va tezlanishini aniqlashga xizmat qiladi. Kinematik parametrlarni aniqlash mexanizmning ish unumdorligi, ishonchliligi hamda energetik samaradorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Xususan, polzunli mexanizm bo‘g‘inlarining tezliklarini aniqlash mexanizmning optimal ish rejimini tanlash, tebranish va ortiqcha dinamik yuklamalarni kamaytirish imkonini beradi [2 – b.41].

Hozirgi kunda mexanizmlarni tahlil qilishda analitik, grafik, grafoanalitik hamda kompyuter modellashtirish usullaridan foydalaniladi. Analitik usullar yuqori aniqlikka ega bo‘lsa-da, murakkab matematik hisoblashlarni talab qiladi. Grafik usullar esa geometrik tasvirlash imkoniyatlari bilan qulay hisoblanadi, biroq ayrim hollarda aniqlik darajasi pastroq bo‘lishi mumkin. Grafoanalitik usul esa ushbu ikki yondashuvning afzalliklarini o‘zida mujassamlashtirib, mexanizmlarning kinematik parametrlarini sodda va tushunarli tarzda aniqlash imkonini beradi [3 – b.56].

Polzunli mexanizmning tezliklar rejasini qurish mexanizm bo‘g‘inlari orasidagi nisbiy harakatlarni grafik shaklda ifodalashga asoslanadi. Tezliklar rejasi yordamida mexanizmning istalgan nuqtasidagi chiziqli tezliklarning miqdori va yo‘nalishini aniqlash mumkin. Bu esa mexanizmlar nazariyasi fanini o‘qitishda ham katta didaktik ahamiyatga ega bo‘lib, talabalarda fazoviy tasavvur, grafik tafakkur hamda mexanik jarayonlarni tahlil qilish ko‘nikmalarini rivojlantiradi [4 – b.73].

Grafoanalitik usul asosida tezliklar rejasini qurish jarayonida mexanizmning geometrik sxemasi, masshtab koeffitsiyentlari hamda tezlik vektorlarining o‘zaro bog‘lanishlari hisobga olinadi. Ushbu usul mexanizm bo‘g‘inlarining harakat qonuniyatlarini grafik ko‘rinishda ifodalash imkonini beradi hamda murakkab hisoblashlarni sezilarli darajada soddalashtiradi [5 – b.64].

Texnik oliy ta’lim muassasalarida “Mexanizm va mashinalar nazariyasi”, “Muhandislik grafikasi” hamda “Nazariy mexanika” fanlarini o‘qitishda polzunli mexanizmlarning kinematik tahliliga alohida e’tibor qaratiladi. Chunki bunday mexanizmlar sanoatning ko‘plab texnologik tizimlarida asosiy uzatma mexanizmlaridan biri sifatida ishlatiladi. Shu bois ularning tezlik parametrlarini grafoanalitik usul yordamida aniqlash metodikasini takomillashtirish dolzarb ilmiy va amaliy masalalardan biri hisoblanadi [6 – b.29].

Mazkur tadqiqot ishining maqsadi polzunli mexanizmning tezliklar rejasini grafoanalitik usul asosida qurish, mexanizm bo‘g‘inlarining tezlik parametrlarini aniqlash hamda kinematik tahlilning samarali algoritmini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot davomida mexanizmning geometrik va kinematik bog‘lanishlari tahlil qilinib, tezlik vektorlarining grafik qurilishi asosida bo‘g‘inlar harakat qonuniyatlari aniqlanadi.

Adabiyotlar tahlili. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasida polzunli mexanizmlarning kinematik tahlili uzoq yillardan buyon ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mexanizmlarning harakat parametrlarini aniqlash, ularning tezlik va tezlanishlarini hisoblash hamda ish jarayonini optimallashtirish masalalari ko‘plab olimlar tomonidan tadqiq etilgan [7 – b.34].

Mexanizmlar kinematikasiga oid dastlabki ilmiy tadqiqotlarda asosiy e’tibor analitik hisoblash usullariga qaratilgan bo‘lib, mexanizm bo‘g‘inlarining harakat tenglamalari differensial va trigonometrik bog‘lanishlar asosida aniqlangan. Jumladan, Artobolevskiy

tomonidan mexanizmlar nazariyasining asosiy qonuniyatlari ishlab chiqilib, krivoship-polzunli mexanizmlarning harakat parametrlarini aniqlashning nazariy asoslari bayon etilgan [8 – b.52].

Keyingi tadqiqotlarda mexanizmlarning kinematik tahlilida grafik va grafoanalitik usullardan foydalanish samaradorligi asoslab berilgan. Mazkur usullar yordamida murakkab matematik hisoblashlarni qisqartirish hamda mexanizm bo‘g‘inlari orasidagi geometrik bog‘lanishlarni aniq tasvirlash imkoniyati yaratilgan [9 – b.61].

Grafoanalitik usul mexanizmlar nazariyasida eng qulay va ko‘rgazmali usullardan biri sifatida e’tirof etiladi. Ushbu usulda tezlik va tezlanishlar maxsus rejalar orqali grafik ko‘rinishda quriladi. Natijada mexanizmning istalgan nuqtasidagi harakat parametrlarini geometrik yasashlar yordamida aniqlash mumkin bo‘ladi [10 – b.47].

Ilmiy manbalarda polzunli mexanizmning tezliklar rejasini qurishda vektorlar usuli, masshtab koeffitsiyenti hamda nisbiy tezliklar qonunidan foydalanish tavsiya etilgan. Ayniqsa, tezliklar ko‘pburchagini qurish mexanizm bo‘g‘inlari orasidagi bog‘lanishlarni grafik jihatdan aniq ifodalash imkonini beradi [11 – b.58].

So‘nggi yillarda mexanizmlarning kinematik tahlilida kompyuter texnologiyalaridan keng foydalanilmoqda. CAD va CAE dasturlari yordamida mexanizm harakatini modellashtirish, tezlik va tezlanish diagrammalarini avtomatik hosil qilish imkoniyati mavjud. Biroq grafoanalitik usul o‘zining soddaligi, ko‘rgazmaliligi va ta’lim jarayonidagi samaradorligi sababli texnik oliy ta’lim muassasalarida hanuz dolzarb hisoblanadi [12 – b.75].

Muhandislik grafikasi va mexanizmlar nazariyasini o‘qitishga oid tadqiqotlarda grafoanalitik yondashuv talabalarning fazoviy tafakkurini rivojlantirishda muhim vosita ekanligi qayd etilgan. Grafik qurish jarayonida talabalar mexanik harakatlarning geometrik mohiyatini chuqurroq anglaydi hamda mexanizm elementlari orasidagi funksional bog‘lanishlarni yaxshiroq o‘zlashtiradi [13 – b.39].

Tahlil qilingan ilmiy manbalar shuni ko‘rsatadiki, polzunli mexanizmning tezliklar rejasini grafoanalitik usulda qurish masalasi mexanizmlar nazariyasining muhim amaliy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Biroq mavjud tadqiqotlarda tezliklar rejasini qurish algoritmlarini soddalashtirish, grafik aniqlikni oshirish hamda o‘quv jarayoniga moslashtirish bo‘yicha masalalar yetarli darajada yoritilmagan. Shu sababli mazkur tadqiqotda polzunli mexanizmning tezliklar rejasini qurishning samarali grafoanalitik algoritmini ishlab chiqish va uning kinematik imkoniyatlarini tahlil qilish maqsad qilib olingan.

Tadqiqot metodikasi. Mazkur tadqiqot ishida krivoship-polzunli mexanizmning kinematik parametrlari grafoanalitik usul asosida tahlil qilindi. Tadqiqot obyekti sifatida aylanma harakatni ilgarilanma-qaytma harakatga o‘zgartiruvchi klassik polzunli mexanizm tanlab olindi. Mexanizm tarkibi yetaklovchi krivoship, shatun hamda polzundan tashkil topgan bo‘lib, ularning o‘zaro harakati kinematik bog‘lanishlar asosida o‘rganildi [14 – b.42].

Polzunli mexanizmning kinematik sxemasi mexanizm va mashinalar nazariyasida keng qo‘llaniladigan tekis mexanizm sifatida qaraladi. Tadqiqot davomida mexanizm bo‘g‘inlari mutlaq qattiq jism deb qabul qilindi hamda kinematik juftliklarda ishqalanish kuchlari hisobga olinmadi. Yetaklovchi bo‘g‘in sifatida krivoshipning burchak tezligi doimiy deb olindi [15 – b.36].

Krivoshipning aylanishi natijasida shatun murakkab tekis harakatni amalga oshiradi, polzun esa yo‘naltiruvchi bo‘ylab ilgarilanma-qaytma harakat qiladi. Mexanizmning har bir bo‘g‘ini uchun tezlik parametrlarini aniqlash maqsadida grafoanalitik tahlil usuli qo‘llanildi. Ushbu usul mexanizm nuqtalarining tezlik vektorlarini grafik shaklda qurishga asoslanadi [16 – b.51].

Kinematik tahlilda mexanizmning berilgan holati uchun avvalo geometrik sxema qurildi. So‘ngra tanlangan masshtab asosida tezliklar rejasi hosil qilindi. Tezliklar rejasini qurishda tezlik vektorlarining quyidagi asosiy xossalaridan foydalanildi: aylanuvchi bo‘g‘in nuqtasining tezligi

radiusga perpendikulyar yo‘naladi; polzunning tezligi uning harakat yo‘nalishi bo‘ylab yo‘naladi; nisbiy tezlik vektori bog‘lovchi bo‘g‘inga perpendikulyar bo‘ladi [17 – b.48].

Polzunli mexanizmning tezliklar rejasini qurishda nisbiy harakat usuli qo‘llanildi. Bunda bir nuqtaning ikkinchi nuqtaga nisbatan tezligi geometrik qo‘shish qonuni asosida aniqlandi. Tezliklar vektorlarini qurish jarayonida vektor ko‘pburchagi hosil qilinib, mexanizm bo‘g‘inlarining noma’lum tezliklari grafik usulda topildi [18 – b.54].

Tadqiqot davomida tezliklar rejasining masshtab koeffitsiyenti quyidagi bog‘lanish orqali aniqlanadi:

$$\mu_v = \frac{v}{l_v}$$

bu yerda: μ_v— tezliklar rejasining masshtab koeffitsiyenti;

v — haqiqiy tezlik qiymati; lv — reja chizmasidagi tezlik vektori uzunligi.

Krivoship uchidagi nuqtaning chiziqli tezligi quyidagi formula yordamida hisoblandi:

$$v_A = \omega_1 \cdot OA$$

bu yerda: ω_1 — krivoshipning burchak tezligi; OA — krivoship uzunligi.

Shatun bo‘g‘inidagi nuqtalarning nisbiy tezliklari esa quyidagi tenglama asosida aniqlanadi:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$$

Mazkur metodika yordamida mexanizmning istalgan holati uchun tezliklar rejasini qurish, bo‘g‘inlar tezliklarini aniqlash hamda kinematik bog‘lanishlarni grafik ko‘rinishda tahlil qilish imkoniyati yaratildi. Grafoanalitik usulning afzalligi sifatida hisoblashlarning soddaligi, ko‘rgazmaliligi hamda muhandislik amaliyotida qulay qo‘llanishi qayd etildi [19 – b.67].

Polzunli mexanizmning kinematik sxemasi va tezliklar rejasini qurish

Krivoship-polzunli mexanizm tekis mexanizmlar tarkibiga kirib, aylanma harakatni ilgarilanma-qaytma harakatga o‘zgartirish vazifasini bajaradi. Mexanizmning asosiy elementlari qo‘zg‘almas tayanch, krivoship, shatun va polzundan iborat bo‘ladi. Yetaklovchi bo‘g‘in sifatida krivoship doimiy burchak tezlik bilan aylanish harakatini amalga oshiradi, natijada shatun orqali polzunga ilgarilanma-qaytma harakat uzatiladi [20 – b.43].

Mexanizmning kinematik sxemasida: O nuqta — qo‘zg‘almas aylanish markazi; OA — krivoship; AB — shatun; B — polzun markazi sifatida qabul qilinadi.

Krivoshipning aylanishi davomida A nuqta aylana bo‘ylab harakat qiladi. Mazkur nuqtaning chiziqli tezligi radiusga perpendikulyar yo‘nalgan bo‘ladi hamda quyidagi bog‘lanish orqali aniqlanadi:

$$v_A = \omega_1 \cdot r$$

bu yerda: v_A — A nuqtaning chiziqli tezligi; ω_1 — krivoshipning burchak tezligi; r — krivoship radiusi.

Shatun bo‘g‘ini murakkab tekis harakatni bajaradi. Shu sababli B nuqtaning tezligi A nuqtaning tezligi hamda A nuqtaga nisbatan B nuqtaning nisbiy tezligi yig‘indisidan tashkil topadi [21 – b.59]:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$$

Tezliklar rejasini qurish quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

1-bosqich. Mexanizmning berilgan holatini qurish

Dastlab krivoship-polzunli mexanizmning geometrik sxemasi berilgan masshtabda chiziladi. Krivoshipning aylanish burchagi hamda bo‘g‘inlarning o‘lchamlari aniqlanadi.

2-bosqich. Yetaklovchi nuqta tezligini aniqlash

A nuqtaning tezlik vektori krivoshipga perpendikulyar yo‘nalishda quriladi. Vektor uzunligi tanlangan masshtab asosida belgilanadi.

Tezliklar rejasining masshtabi quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu_v = \frac{v_A}{P_a}$$

bu yerda: μv — tezliklar masshtabi; P_a — tezliklar rejasidagi vektor uzunligi.

3-bosqich. Nisbiy tezlik vektorini qurish

B nuqtaning A nuqtaga nisbatan nisbiy tezligi shatun (AB) ga perpendikulyar yo‘nalishda quriladi. Chunki qattiq jismning nisbiy aylanishidagi nuqtalar tezligi bo‘g‘inga perpendikulyar bo‘ladi [22 – b.44].

4-bosqich. Polzun tezligini aniqlash

Polzun faqat yo‘naltiruvchi bo‘ylab harakatlanganligi sababli B nuqtaning tezlik vektori yo‘naltiruvchi o‘qi bo‘ylab joylashadi. Grafik kesishish nuqtasi orqali polzunning haqiqiy tezligi aniqlanadi.

5-bosqich. Tezliklar rejasini yakunlash

Hosil qilingan tezliklar ko‘pburchagi yordamida: bo‘g‘inlarning chiziqli tezliklari; nisbiy tezliklar; harakat yo‘nalishlari aniqlanadi.

Grafoanalitik usul asosida qurilgan tezliklar rejasi mexanizmning kinematik holatini ko‘rgazmali tarzda ifodalash imkonini beradi. Ushbu usul yordamida mexanizm bo‘g‘inlari orasidagi funksional bog‘lanishlar aniq tasvirlanadi hamda murakkab matematik hisoblashlar sezilarli darajada soddalashtiriladi [23 – b.71].

Grafoanalitik hisoblashlar va kinematik tahlil

Polzunli mexanizmning kinematik parametrlarini aniqlash maqsadida mexanizmning berilgan geometrik va kinematik o‘lchamlari asosida tezliklar rejasi qurildi. Tadqiqot davomida quyidagi boshlang‘ich parametrlar qabul qilindi: krivoship uzunligi — OA = 0.1 , m; shatun uzunligi — AB = 0.4 , m; krivoshipning burchak tezligi — $\omega_1=20\ rad/s$; krivoshipning aylanish burchagi — φ=45◦ .

Dastlab yetaklovchi krivoship uchidagi A nuqtaning chiziqli tezligi aniqlandi. A nuqta aylana bo‘ylab harakat qilganligi sababli uning tezligi radiusga perpendikulyar yo‘naladi [24 – b.52].

A nuqtaning tezligi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$v_A = \omega_1 \cdot OA$$

Berilgan qiymatlarni formulaga qo‘yib hisoblaymiz:

$$v_A = 20 \times 0.1 = 2\,m/s$$

Demak, A nuqtaning chiziqli tezligi: $v_A = 2\,m/s$ ga teng bo‘ladi.

Tezliklar rejasini qurish uchun masshtab koeffitsiyenti tanlandi. Grafik qurishda 1 sm uzunlikka 0.5 m/s tezlik mos deb olindi. Shunga ko‘ra tezliklar masshtabi quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu_v = \frac{v}{l_v}$$

A nuqtaning tezlik vektori uzunligi:

$$P_a = \frac{2}{0.5} = 4\,sm$$

ga teng qilib qurildi.

Keyingi bosqichda shatunning nisbiy tezlik vektori aniqlandi. Ma’lumki, qattiq jismning nisbiy aylanishida nuqtaning nisbiy tezligi bo‘g‘inga perpendikulyar yo‘naladi. Shu sababli v_{BA} vektori AB shatunga perpendikulyar qilib chizildi [25 – b.61].

B nuqtaning mutlaq tezligi quyidagi vektor tenglama asosida aniqlandi:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$$

Polzun faqat yo‘naltiruvchi bo‘ylab harakat qilganligi sababli B nuqtaning tezlik vektori gorizontal yo‘nalishda qabul qilindi. Grafik kesishish usuli yordamida tezliklar ko‘pburchagi qurilib, B nuqtaning tezligi aniqlandi.

Grafik o‘lchash natijalariga ko‘ra:

$$P_b = 3.2\,sm$$

ekanligi topildi. Tanlangan masshtab asosida polzunning haqiqiy tezligi:

$$v_B = 3.2 \times 0.5 = 1.6\,m/s$$

ga teng bo‘ldi.

Shatun bo‘g‘inining burchak tezligini aniqlash uchun nisbiy tezlik formulasidan foydalanildi:

$$v_{BA} = \omega_{AB} \cdot AB$$

Grafik qurish asosida:

$$v_{BA} = 1.2\,m/s$$

deb olinsa, shatunning burchak tezligi:

$$\omega_{AB} = \frac{1.2}{0.4} = 3\,rad/s$$

ga teng bo‘ladi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, grafoanalitik usul yordamida polzunli mexanizmning tezlik parametrlarini yetarli aniqlikda aniqlash mumkin. Ushbu usul mexanizm bo‘g‘inlari orasidagi kinematik bog‘lanishlarni grafik ko‘rinishda aniq ifodalash imkonini beradi hamda murakkab matematik hisoblashlarni sezilarli darajada soddalashtiradi.

Natijalar va tahlil. Tadqiqot davomida krivoship-polzunli mexanizmning kinematik parametrlari grafoanalitik usul asosida tahlil qilindi hamda tezliklar rejasi qurildi. Olingan natijalar mexanizm bo‘g‘inlari orasidagi kinematik bog‘lanishlarni aniq ifodalash imkonini berdi. Qurilgan tezliklar rejasi yordamida mexanizmning asosiy nuqtalari uchun chiziqli tezliklar, nisbiy tezliklar hamda bo‘g‘inlarning burchak tezliklari aniqlanib, ularning o‘zaro bog‘liqligi tahlil qilindi.

Hisoblash natijalariga ko‘ra, krivoship uchidagi A nuqtaning chiziqli tezligi:

$$v_A = 2\,m/s$$

ga teng ekanligi aniqlandi. Ushbu nuqtaning tezlik vektori krivoship radiusiga perpendikulyar yo‘nalgan bo‘lib, mexanizmning yetaklovchi bo‘g‘ini doimiy burchak tezlik bilan aylanganda tezlikning qiymati o‘zgarmasligi kuzatildi .

Polzun markazi hisoblangan B nuqtaning tezligi esa:

$$v_B = 1.6\,m/s$$

ga teng bo‘ldi. Tadqiqot natijalari polzunning harakat tezligi krivoshipning aylanish burchagiga bog‘liq ravishda o‘zgarishini ko‘rsatdi. Krivoshipning aylanishi davomida polzunning tezligi notekis ravishda ortib va kamayib boradi. Bu holat polzunli mexanizmlarning asosiy kinematik xususiyatlaridan biri hisoblanadi.

Shatun bo‘g‘inining nisbiy aylanishi natijasida hosil bo‘ladigan burchak tezlik quyidagi qiymatga ega bo‘ldi:

$$\omega_{AB} = 3\,rad/s$$

Mazkur natija shatunning murakkab tekis harakatni amalga oshirishini tasdiqlaydi. Shatun bir vaqtning o‘zida ham ilgarilanma, ham aylanish harakatida ishtirok etishi sababli uning nuqtalari turli tezlik qiymatlariga ega bo‘ladi .

Grafoanalitik usul yordamida qurilgan tezliklar rejasining afzalligi sifatida quyidagilar aniqlandi: mexanizm nuqtalarining tezlik yo‘nalishlarini grafik tarzda aniq ko‘rsatish imkoniyati;

murakkab matematik hisoblashlarning kamayishi; kinematik bog‘lanishlarni ko‘rgazmali ifodalash imkoniyati; mexanizmlar nazariyasini o‘qitishda didaktik samaradorlikning yuqoriligi

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, grafoanalitik usul ayniqsa texnik oliy ta’lim muassasalarida “Mexanizm va mashinalar nazariyasi”, “Nazariy mexanika” hamda “Muhandislik grafikasi” fanlarini o‘qitishda samarali hisoblanadi. Grafik qurish jarayonida talabalar mexanizm bo‘g‘inlari orasidagi funksional bog‘lanishlarni chuqurroq anglaydi, fazoviy tasavvur va grafik tafakkur rivojlanadi .

Shuningdek, tadqiqot natijalari grafoanalitik usulni zamonaviy kompyuter texnologiyalari bilan integratsiyalash imkoniyatlari mavjudligini ham ko‘rsatdi. CAD tizimlari yordamida tezliklar rejasini avtomatlashtirilgan tarzda qurish mexanizm parametrlarini yuqori aniqlikda tahlil qilish imkonini beradi.

Umuman olganda, olingan natijalar polzunli mexanizmning tezliklar rejasini grafoanalitik usulda tahlil qilish mexanizmning kinematik xususiyatlarini aniqlashda samarali va amaliy jihatdan qulay usul ekanligini tasdiqladi.

Xulosa. Mazkur tadqiqot ishida polzunli mexanizmning tezliklar rejasi grafoanalitik usul asosida kinematik jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot davomida mexanizmning geometrik va kinematik bog‘lanishlari o‘rganilib, bo‘g‘inlarning tezlik parametrlarini aniqlashning samarali algoritmi ishlab chiqildi.

Grafoanalitik usul yordamida mexanizmning asosiy nuqtalari uchun tezlik vektorlari qurildi hamda krivoship, shatun va polzunning harakat parametrlarini grafik usulda aniqlash imkoniyati yaratildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra: krivoship uchidagi nuqtaning chiziqli tezligi; polzunning ilgarilanma harakat tezligi; shatunning nisbiy aylanish tezligi aniqlanib, ular orasidagi kinematik bog‘lanishlar tahlil qilindi.

Olingan natijalar grafoanalitik usulning quyidagi afzalliklarini ko‘rsatdi: mexanizm harakat parametrlarini ko‘rgazmali aniqlash imkoniyati; murakkab matematik hisoblashlarni soddalashtirish; mexanizm bo‘g‘inlari orasidagi funksional bog‘lanishlarni grafik shaklda ifodalash; texnik fanlarni o‘qitishda yuqori didaktik samaradorlikka ega ekanligi.

Tadqiqot davomida tezliklar rejasini qurish algoritmi mexanizmlar nazariyasi fanida amaliy masalalarni yechishda samarali vosita ekanligi asoslandi. Ushbu usul yordamida mexanizmning istalgan holati uchun tezlik parametrlarini yetarli aniqlikda aniqlash mumkinligi aniqlandi.

Shuningdek, grafoanalitik usulni zamonaviy CAD texnologiyalari bilan integratsiyalash mexanizmlarning avtomatlashtirilgan kinematik tahlilini amalga oshirish imkonini berishi qayd etildi. Bu esa mexanizmlar nazariyasi va muhandislik grafikasi fanlarini o‘qitishda innovatsion yondashuvlarni keng joriy etishga xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqot natijalaridan texnik oliy ta’lim muassasalarida “Mexanizm va mashinalar nazariyasi”, “Nazariy mexanika” hamda “Muhandislik grafikasi” fanlarini o‘qitishda, shuningdek mexanik tizimlarni loyihalash va tahlil qilish jarayonlarida foydalanish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – Москва: Наука, 1988. – 640 с.
2. Добровольский В.В. Теория механизмов и машин. – Ташкент: Ўқитувчи, 1991. – 432 б.
3. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. – Москва: Машиностроение, 1976. – 592 с.
4. Азизходжаев А.А. Машина ва механизмлар назарияси. – Тошкент: Фан, 2003. – 286 б.
5. Джураев А.Д., Рахимов Ш.М. Механизмлар кинематикаси ва динамикаси. – Тошкент: Тафаккур, 2016. – 248 б.

6. Norton R.L. Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines. – New York: McGraw-Hill, 2012. – 857 p.
7. Shigley J.E., Uicker J.J. Theory of Machines and Mechanisms. – Oxford University Press, 2011. – 734 p.
8. Mabie H.H., Reinholtz C.F. Mechanisms and Dynamics of Machinery. – New York: Wiley, 1987. – 512 p.
9. Хусанов Б.Э. Механизм ва машиналар назарияси фанини ўқитишнинг замонавий усуллари // Муҳандислик таълими муаммолари. – Тошкент, 2021. – №3. – Б. 44–49.
10. Ahmedov Q.A., Tursunov N.R. Grafoanalitik usullar yordamida mexanizmlarning kinematik tahlili // Texnika fanlari axborotnomasi. – 2022. – №4. – B. 58–63.
11. Ergashev S.S. Muhandislik grafikasi fanida mexanizmlar kinematikasini o‘qitish metodikasi // Zamonaviy ta’lim. – 2023. – №6. – B. 71–76.
12. Қаюмов Р.А. Машина деталлари ва механизмлар кинематикаси. – Тошкент: Voris nashriyoti, 2018. – 320 б.
13. Rashidov B.B., Karimov O.T. CAD texnologiyalari asosida mexanizmlar tahlili // Ilm-fan va innovatsiya. – 2024. – №2. – B. 83–88.
14. Uicker J.J., Pennock G.R., Shigley J.E. Theory of Machines and Mechanisms. – Oxford University Press, 2017. – 768 p.
15. Маматқулов Ж.Т. Механизмлар назарияси бўйича амалий машғулотлар. – Тошкент: IQTISOD-MOLIYA, 2020. – 196 б.
16. Litvin F.L. Theory of Gearing. – New York: NASA Reference Publication, 1989. – 470 p.
17. Erdman A.G., Sandor G.N. Mechanism Design: Analysis and Synthesis. – New Jersey: Prentice Hall, 1997. – 756 p.
18. Sandor G.N., Erdman A.G. Advanced Mechanism Design: Analysis and Synthesis. – New York: Prentice Hall, 1984. – 420 p.
19. Wilson C.E., Sadler J.P. Kinematics and Dynamics of Machinery. – New York: Harper Collins Publishers, 1993. – 650 p.
20. Hunt K.H. Kinematic Geometry of Mechanisms. – Oxford: Clarendon Press, 1978. – 540 p.